

JÚLIO CÉSAR RIBEIRO
(Organizador)

EDUCAÇÃO EM
SOLOS
E MEIO AMBIENTE

 **Atena**
Editora
Ano 2021

JÚLIO CÉSAR RIBEIRO
(Organizador)

EDUCAÇÃO EM
SOLOS
E MEIO AMBIENTE

 **Atena**
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Educação em solos e meio ambiente

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Amanda Costa da Kelly Veiga
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Júlio César Ribeiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E24 Educação em solos e meio ambiente / Organizador Júlio César Ribeiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-538-6
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.386212909>

1. Educação ambiental. 2. Solos. 3. Meio ambiente. I. Ribeiro, Júlio César (Organizador). II. Título.
CDD 363.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), o solo pode ser compreendido como um recurso natural complexo e heterogêneo, essencial a manutenção do ecossistema terrestre.

A interferência antrópica por meio de práticas de uso e manejo inadequadas tem potencializado a degradação do solo, levando ao longo dos anos a perda de sua capacidade produtiva. Com isso, atributos químicos, físicos e biológicos são afetados, ocasionando o desequilíbrio do sistema.

Desta forma, é importante que ações que busquem a conservação do solo sejam tomadas, de modo a promover a conscientização ambiental através da percepção do solo como um componente essencial ao equilíbrio do sistema produtivo.

Neste contexto, o livro “Educação em Solos e Meio Ambiente” é uma obra que abarca estudos acerca da sustentabilidade dos solos e conservação ambiental, sendo tratados assuntos desde a caracterização e fertilidade dos solos, até o uso de resíduos agropecuários em sistemas agrícolas.

O organizador e a Atena Editora agradecem aos autores por compartilharem suas pesquisas por meio do presente E-book, contribuindo para a construção do conhecimento sobre a sustentabilidade dos solos e conservação ambiental.

Uma excelente leitura!

Júlio César Ribeiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZAÇÃO DE PLANOSSOLOS NÁTRICOS EM UM GRADIENTE PLUVIOMÉTRICO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Sebastiana Maely Saraiva
Vânia da Silva Fraga
José Coelho de Araújo Filho
Roseilton Fernandes dos Santos
Evaldo dos Santos Felix
Milton Cesar Campos
Bruno de Souza Dias
Kalline Almeida Alves Carneiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3862129091>

CAPÍTULO 2..... 14

SATURAÇÃO POR BASES NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA COM CULTIVO DE MILHO NOS DOIS PRIMEIROS ANOS

Arismar Ribeiro Brito
Henildo de Sousa Pereira
Elizeu Luiz Brachtvogel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3862129092>

CAPÍTULO 3..... 28

AVALIAÇÃO DO N VOLATIZADO E SOLO ADUBADO COM CAMA DE FRANGO E INIBIDOR DE UREASE

Eduardo Peixoto Silva
Joiran Luiz Magalhães
Roberto Gomes Vital

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3862129093>

CAPÍTULO 4..... 41

INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE LUMINOSA NO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE GIRASSOL, MILHO, SOJA E SORGO

Fábio Santos Matos
Larissa Pacheco Borges
Bruno Teixeira Guimarães
Flavielli Porto da Silva
Brunno Nunes Furtado
Nathália Carvalho Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3862129094>

CAPÍTULO 5..... 48

POTENCIAL DE *POCHONIA* SPP. PARA PRODUÇÃO DE INOCULANTES

Flávia Luane Gomes
Aloísio Freitas Chagas Junior
Manuella Costa Sousa

Albert Lennon Lima Martins
Kellen Ângela O. de Sousa
Celso Afonso Lima
Gabriel Soares Nobrega
Lillian França Borges Chagas
Gessiel Newton Scheidt
Marcos Giongo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3862129095>

SOBRE O ORGANIZADOR.....	62
ÍNDICE REMISSIVO.....	63

CAPÍTULO 1

CARACTERIZAÇÃO DE PLANOSSOLOS NÁTRICOS EM UM GRADIENTE PLUVIOMÉTRICO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Data de aceite: 21/09/2021

Sebastiana Maely Saraiva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano /IF SertãoPE
Salgueiro-PE
<https://orcid.org/0000-0001-8538-2009>
<http://lattes.cnpq.br/5006449623512368>

Vânia da Silva Fraga

Universidade Federal da Paraíba – DSER/CCA/UFPB
Areia-PB
<https://orcid.org/0000-0003-0181-0753>
<http://lattes.cnpq.br/2053633315197316>

José Coelho de Araújo Filho

Pesquisador da Embrapa Solos UEP Recife Recife-PE
<https://orcid.org/0000-0002-8318-7418>
<http://lattes.cnpq.br/2932514285735624>

Roseilton Fernandes dos Santos

Universidade Federal da Paraíba – DSER/CCA/UFPB
Areia-PB
<https://orcid.org/0000-0001-9641-6374>
<http://lattes.cnpq.br/0899112939379969>

Evaldo dos Santos Felix

Instituto Nacional do Semiárido – INSA/PCI/CNPq
Campina Grande-PB
<https://orcid.org/0000-0003-1930-5202>
<http://lattes.cnpq.br/1319064330401649>

Milton Cesar Campos

Universidade Federal da Paraíba – DSER/CCA/UFPB
Areia-PB
<http://lattes.cnpq.br/9041514924498589>

Bruno de Souza Dias

Universidade Federal da Paraíba – DSER/CCA/UFPB
Areia-PB
<http://lattes.cnpq.br/5131375455591026>

Kalline Almeida Alves Carneiro

Universidade Federal da Paraíba – DCFS/CCA/UFPB
Areia-PB
<https://orcid.org/0000-0002-7477-2586>
<http://lattes.cnpq.br/3796604257304570>

RESUMO: O solo é um recurso natural de extrema importância para a humanidade e como tal tem sido amplamente estudado sob diversos aspectos. De modo geral, o solo apresenta grande variabilidade de ambiente, necessário informações sobre a fertilidade, gênese e mineralogia. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do gradiente pluviométrico na formação e no desenvolvimento de Planossolos localizados em distintos pedoambientes, no estado da Paraíba, estudando seus atributos morfológicos, físicos e químicos. Foi escolhida parte da região semiárida paraibana e subdivida em três subtipos climáticos de acordo com a precipitação média anual: muito seca (< 400 mm), seca (> 400 e < 600 mm) e subúmida (> 600 mm), foram abertas três trincheiras para descrição

morfológica e coleta de amostras de cada perfil dos solos estudados. Essas amostras foram caracterizadas quanto aos seus atributos morfológicos, físicos (granulometria, argila dispersa em água, densidade do solo e de partículas, grau de floculação e porosidade) e químicos (Ca, Mg, Na e K, Al, H+Al, COT, P e pH). Nos perfis dos Planossolos estudados não foi possível observar relação da profundidade com as condições climáticas, por serem solos formados a partir de rochas mais resistentes ao intemperismo. Aparentemente houve pouca influência do clima na profundidade, sendo mais raso o solo da condição seca e mais profundo o da condição muito seca; por outro lado a precipitação foi preponderante na formação dos horizontes diagnósticos (B plânico), com teores de argila proporcionais à precipitação. Os Planossolos apresentaram altos teores de bases trocáveis e quanto a fertilidade, houve uma tendência de lixiviação de bases na condição subúmida. Em alguns horizontes dos solos estudados foram verificados altos níveis de salinidade.

PALAVRAS - CHAVE: Fertilidade, classificação de solo, pedogênese, salinidade.

NATRIC PLANOSOLS CHARACTERIZATION IN A PLUVIOMETRIC GRADIENT IN BRAZIL'S SEMI-ARID REGION

ABSTRACT: Soil is a natural resource of extreme importance to humanity and as it has been widely studied under various aspects. In general, soil has a large environmental variability, which requires information on fertility, genesis and mineralogy. Thus, the aim of this work was to evaluate the influence of rainfall gradient on Planosols' formation and development, located in different phedo-environments, in Paraíba state, studying their morphological, physical and chemical attributes. Part of the semiarid region of Paraíba was chosen and subdivided into three climatic subtypes according to the average annual precipitation: very dry (< 400 mm), dry (> 400 and < 600 mm) and sub-humid (> 600 mm), three trenches were opened for morphological description and sample collection of each profile of the studied soils, these samples were characterized as to their morphological, physical (granulometry, clay dispersed in water, soil and particle density, flocculation degree and porosity) and chemical (Ca, Mg, Na and K, Al, H + Al, TOC, P and pH). In the Planosols profile studied, it was not possible to observe the relationship between depth and climatic conditions, as they are soils formed from rocks that are more resistant to weathering. Apparently there was little influence of climate on depth, with the soil being shallower in the dry condition and deeper in the very dry condition; on the other hand, precipitation was predominant in the formation of diagnostic horizons (planic B), with clay contents proportional to precipitation; The Planosols showed high levels of exchangeable bases and regarding fertility, there was a tendency of base leaching in the subhumid condition. In some horizons of the studied soils, high levels of salinity were verified.

KEYWORDS: Fertility, soil classification, pedogenesis, salinity.

1 | INTRODUÇÃO

Os recursos naturais são ativamente explorados e os solos, em muitas regiões do mundo, são cultivados intensivamente. No caso dos solos de regiões tropicais, como no Brasil, o clima exerce influência decisiva sobre a sua formação, visto que as altas precipitações pluviométricas e temperaturas são importantes para o desencadeamento das

reações químicas e físicas (intemperismo químico e físico) que transformam o material de origem.

A maioria dos solos encontrados no semiárido brasileiro são pedogeneticamente pouco desenvolvidos, dentre as classes mais comuns de solos, destacam-se os Planossolos, que abrange uma superfície de aproximadamente 11% da região. Os Planossolos são solos minerais, imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado e geralmente com acentuada concentração de argila, com permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo por vezes um horizonte “pã”, que é responsável pela retenção do lençol d’água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano (IBGE, 2007; SANTOS et al., 2018).

Grande parte desses solos na Paraíba é utilizada com a pecuária, aproveitando-se para isso os campos antropizados e com pastagens da própria vegetação natural. Alguns trechos são usados para culturas de subsistência (milho, feijão, fava) e algodão herbáceo, em geral consorciado. Além das limitações pela falta d’água, que são muito fortes, esses solos apresentam elevados teores em sódio trocável e más condições físicas nos horizontes subsuperficiais, principalmente do Bt, tornando-os alguns casos, inaptos para agricultura (CAVALCANTE et al., 2005).

Nesse sentido, a caracterização de solos do ponto de vista pedológico, além de disponibilizar informações mais precisas sobre as diversas ordens de solos do território nacional, permite sistematizar dados sobre as propriedades dos solos, que poderão servir de subsídio para o manejo e uso sustentável, bem como para recuperação de áreas degradadas (SANTOS et al., 2012).

É importante salientar, a importância da realização de estudos mais detalhados sobre caracterização dos Planossolos, haja vista a escassez de trabalhos dessa natureza com esse tipo de solo na região semiárida do Brasil e mais especificamente na Paraíba. Assim o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do gradiente pluviométrico na formação e no desenvolvimento de Planossolos localizados em distintos pedoambientes, no estado da Paraíba, estudando seus atributos morfológicos, físicos e químicos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção das áreas de coleta de solo

O estudo foi desenvolvido no estado da Paraíba, dentro dos limites da sua região semiárida, que conforme a delimitação efetuada por Brasil (2005) deve atender a três critérios técnicos: precipitação média anual inferior a 800 mm; índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico que relaciona precipitações e evapotranspirações, no período entre 1961 e 1990 e risco de seca maior que 60% no período entre 1970 e 1990.

As áreas estudadas foram selecionadas considerando três condições pluviométricas e a possibilidade de ocorrência de Planossolos na Paraíba, designadas da seguinte forma: muito seca – MS (precipitação < 400 mm), seca – SC (precipitação > 400 mm e < 600 mm) e subúmida – SU (precipitação > 600 mm).

Na Tabela 1 são apresentados os municípios onde foram abertos os perfis de solo, as precipitações médias anuais e as coordenadas geográficas de cada trincheira.

Município (PB)	Condição de umidade	Precipitação média anual (mm)	Perfil/Coordenada
Soledade	Muito seca	389,7	P1 S – 07° 07'35,5" W – 36°19'25,5"
Juazeirinho	Seca	511,5	P2 S – 07° 07'58,5" W – 36°33'22,5"
Areia	Subúmida	1.369,3	P3 S – 06° 54'31,2" W – 35°47'31,2"

Tabela 1. Municípios e características ambientais dos locais onde foram coletados os solos, no semiárido da Paraíba.

2.2 Descrição e amostragem dos solos

Nas áreas selecionadas foram abertas trincheiras com as seguintes dimensões: 1,50 m de comprimento; 1,30 m de largura e profundidade variável, de acordo com a profundidade de cada solo. Em cada trincheira foi efetuada a identificação dos horizontes dos perfis de solo e estes, descritos e coletados conforme recomendações de Santos et al. (2015).

Na ocasião também foram coletados torrões de solo (amostras indeformadas) para determinação da densidade, bem como o material de origem. As coletas foram realizadas no período seco do ano de 2014, entre os meses de setembro e novembro e no mês de maio/2016. Mais detalhes sobre a descrição dos perfis e fotografias podem ser consultados em Saraiva (2016).

2.3 Tratamento das amostras

As análises dos atributos físicos dos solos foram efetuadas conforme a metodologia apresentada por Teixeira et al. (2017) e incluíram as seguintes determinações: granulometria, argila dispersa em água (ADA), densidade do solo e de partículas, grau de floculação e porosidade total.

As análises dos atributos químicos do solo incluíram determinação dos teores de bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+), Al^{3+} e acidez potencial ($\text{H}+\text{Al}$), adotando-se KCl 1 mol L^{-1} como solução extratora; fósforo (P assimilável), pH em água, pH em KCl, e condutividade elétrica (CE) (TEIXEIRA et al., 2017).

Com base nas determinações químicas foram calculados: soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), saturação por sódio (PST %) e saturação por alumínio (m%). A determinação do carbono orgânico (CO) foi baseada na metodologia de Yeomans e Bremner (1988).

A classificação taxonômica dos solos estudados foi efetuada com base nos atributos morfológicos, físicos e químicos, utilizando como referência o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (SANTOS et al., 2018).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atributos morfológicos

Os solos estudados apresentaram profundidade entre de 70 a 99 cm (Tabela 2) e, aparentemente houve pouca influência do clima sob esse atributo.

Possivelmente o material de origem do solo na condição seca é mais resistente ao intemperismo e, resultando em um solo mais raso do que na condição muito seca. Um Planossolo Nátrico estudado por Corrêa et al. (2003) em uma região com precipitação média anual de 1.000 mm, com condição de relevo suave ondulado e originado de sedimentos argilo-arenosos atingiu uma profundidade de 80 cm.

As cores dos horizontes superficiais (A+E) situam-se nos matizes 7,5YR (P2 e P3) e 10YR (P1), com valores ≥ 4 e croma ≥ 3 (Tabela 2), resultando em tons brunados com nuances avermelhadas e amareladas; a textura se apresenta mais arenosa, variando entre areia franca (P3) e francoarenosa (P1 e P2); a estrutura é pouco desenvolvida, fraca a maciça e em blocos angulares e subangulares.

Nos horizontes superficiais a diferenciação das cores se revela principalmente na cor do solo quando úmido que apresentou valor e croma mais altos que os dos horizontes superficiais. A textura dos horizontes subsuperficiais foi bastante heterogênea, franco-argiloarenosa no P1 e P2, e argila no P9; com estrutura forte e prismática no P1 e P3 e moderada e colunar no P9 (Tabela 2), características típicas de horizonte B plânico, conforme Santos et al. (2018).

O que é marcante nesses solos é a contrastante diferenciação entre os horizontes superficiais (A + E) e subsuperficiais (B plânico). Na superfície os horizontes são mais arenosos e permeáveis os quais mudam abruptamente para um horizonte muito compactado e mais argiloso com permeabilidade muito restrita.

Horizontes	Profundidade (cm)	Cor		Textura	Estrutura	Consistência		
		Úmida	Seca			Seca	Úmida	Molhada
P1 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Muito Seco (Soledade)								
A	0-10	10 YR 4/4	10 YR 5/4	FAr	3-4 Md-Gr, Ba-Bs	Mc	Fr	NPI NPe
E	10-16	10 YR 5/4	10 YR 6/4	FAr	3 Pq, Ba-Bs	St	MFr	NPI NPe
Btnz1	16-48	10 YR 5/3	10 YR 4/4	FAA	5 Md-Gr, Pr	ED	EFi	MPI MPe
Btnz2	48-72	10 YR 4/3	10 YR 6/4	FAA	5 Md-Gr, Pr	ED	EFi	MPI MPe
Crnz	72-99			FAA				
P2 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Seco (Juazeirinho)								
A	0-11	7,5 YR 4/4	7,5 YR 6/4	FAr	3 Pq- Md, Bs	Mc	MFr	LPI NPe
E	11-16	7,5 YR 7/4	7,5 YR 7/4	FAr	3 Pq-Md, Bs	Mc	MFr	LPI NPe
Btnz	16-45	10 YR 6/3	2,5 YR 5/6	FAA	4 Gr, Cl	ED	Fi	MPI Pe
BCnz	45-70+	10 YR 5/3	7,5 YR 4/6	FAA	2	ED	Fi	MPI Pe
P3 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Subúmido (Areia)								
Ap	0-5	7,5 YR 4/3	10 YR 5/3	ArF	2-3 Gd, Ba	LD	MFr	NPI NPe
E	5-10	7,5 YR 4/3	10 YR 5/3	ArF	1	D	MFr	NPI NPe
Btn	10-30	7,5 YR 4/3	10 YR 4/2	Ag	5 Gr, Pr-Ba	ED	EFi	MPI Pe
Btnz	30-60	10 YR 4/3	10 YR 5/4	Ag	5 Md, Pr	ED	EFi	PI Pe
Crnz	60-90			AAr				

Tabela 2. Características Morfológicas dos três perfis de Planossolos estudados sobre gradiente pluviométrico em clima semiárido

Textura: Ar – Areia, ArF – Areia franca, Sl – Silte, FAr – Francoarenosa, FSl – Francossiltosa, Fr – Franco, FAA – franco-argiloarenosa; FAS – Franco-argilossiltosa, FAg – Francoargilosa, AgS – Argilossiltosa, AAr – Argiloarenosa, Ag – argila, MAg – Muito argilosa. Estrutura: 1 – Grão simples, 2 – Maciça, 3 – Fraca, 4 – Moderada, 5 – Forte; Lm – laminar; Pr – prismática; Cl – colunar; Ba – Blocos angulares; Bs – Blocos subangulares; Gn – Granular. M – Muito, Pq – pequena, Md – Média, Gr – grande. Consistência: St – solta, Mc – macia, LD – ligeiramente dura, D – dura, MD – muito dura, ED – extremamente dura; MFr – muito friável, Fr – friável, Fi – firme, MFi – muito firme, EFi – extremamente firme; NPI – não plástica, PI – plástica, LPI – ligeiramente plástica, MPI – muito plástica; NPe não pegajosa, Pe – pegajosa, LPe – ligeiramente pegajosa, MPe – muito pegajosa.

3.2 Atributos Físicos

Acentuada diferenciação entre os horizontes sobrejacentes aos horizontes B também foi reportada por Oliveira et al. (2009) que atribuíram essa característica não somente aos teores de argila, mas também à nítida de diferenciação de cores entre eles.

Dentre os Planossolos estudados o P1 de Soledade (condição muito seca) foi o que apresentou as maiores proporções das frações grossas, chegando a atingir 50% da massa do solo no horizonte E (Tabela 3). Existem relatos na literatura de Planossolos com altos índices das frações > 2,0 mm na massa do solo, porém geralmente está concentrado no horizonte superficial (FERNANDES et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2009).

Das frações que compõem a TFSA, a areia é mais expressiva, com predomínio da areia grossa em todos os horizontes dos Planossolos estudados, exceto no horizonte A de

ocorrência em Juazeirinho. Entretanto, de modo geral houve decréscimo desses teores em profundidade, com valores de areia variando entre 731 e 798 g kg⁻¹ solo, nos horizontes A e entre 397 e 671 g kg⁻¹ solo, nos horizontes B plânico (Tabela 3).

Os horizontes superficiais apresentaram os maiores teores de areia dentro do perfil, sendo uma tendência esperada, uma vez que é uma particularidade dessa classe de solo a translocação de argila para os horizontes diagnósticos subsuperficiais, tendência também observada por Diniz Filho et al. (2009) em Planossolo de região semiárida do Rio Grande do Norte.

É importante notar que houve um decréscimo dos teores de areia dos horizontes B plânico dos Planossolos estudados em razão do aumento da umidade no sistema, esse comportamento ressalta a importância da atuação água na transformação dos materiais de origem em solo.

A variação nos teores de silte dos horizontes A foi de 95 a 187 g kg⁻¹ solo e nos B plânico de 66 a 95 g kg⁻¹ solo (Tabela 3). Provavelmente, por se tratar de uma fração de tamanho intermediário entre a areia e argila, não foi possível associar os seus teores às condições de umidade no sistema, cabe apenas a observação de que, em quaisquer condições de umidade avaliada, os teores de silte são mais altos na superfície do solo, quando comparados aos horizontes diagnósticos subsuperficiais.

Hor.	Prof.	Calhau	Casc.	TFSA	Composição Granulométrica da Terra Fina					ADA	GF	Rel. Silte/Argila	Densidades		Poros.
					Areia grossa	Areia Fina	Areia total	Silte	Argila				Solo	Part.	
	cm				g kg ⁻¹					%	kg dm ⁻³		dm ³ dm ³		
P1 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Muito Seco (Soledade)															
A	0-10	4	103	893	394	337	731	161	108	38	65	1,50	1,76	2,61	0,33
E	10-16	86	414	500	528	251	779	117	104	25	76	1,13	1,69	2,64	0,36
Btnz1	16-48	0	41	959	477	194	671	66	263	166	37	0,25	1,90	2,53	0,25
Btnz2	48-72	0	12	988	434	191	625	80	294	194	34	0,27	1,93	2,68	0,28
Crnz	72-99	72	77	851	420	189	609	12	279	104	63	0,40	nd	2,60	nd
P2 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Seco (Juazeirinho)															
A	0-11	0	81	919	351	382	733	187	80	25	68	2,34	1,64	2,73	0,40
E	11-16	0	0	1.000	377	319	696	167	137	25	82	1,22	1,68	2,80	0,40
Btnz	16-45	0	51	949	369	222	591	95	314	132	58	0,30	1,76	2,75	0,36
BCnz	45-70+	0	77	923	313	290	603	159	238	197	17	0,67	1,91	2,99	0,36
P3 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Subúmido (Areia)															
Ap	0-5	24	71	905	505	293	798	95	107	25	77	0,89	1,63	2,57	0,37
E	5-10	0	103	897	475	299	774	120	106	50	53	1,13	1,65	2,63	0,37
Btn	10-30	0	12	988	267	130	397	78	525	330	29	0,15	1,66	2,57	0,35

Btnz	30-60	0	18	982	154	122	276	150	574	530	8	0,26	1,69	2,26	0,25
Crnz	60-90	0	19	981	315	234	549	210	451	105	63	0,47	1,73	2,71	0,36

Tabela 3. Características físicas dos três perfis de Planossolos estudados sobre gradiente pluviométrico em clima semiárido.

Hor.: horizonte; Prof.: profundidade; TFSA – Terra Fina Seca ao Ar; ADA: Argila dispersa em água; GF: grau de floculação; Part.: partícula; Poros.: porosidade.

Os solos estudados apresentaram teores de argila variando entre 80 e 108 g kg⁻¹ solo nos horizontes superficiais (A) e entre 263 e 525 g kg⁻¹ solo nos horizontes subsuperficiais (B plânico). Os teores de argila, inversamente aos de areia, aumentaram em profundidade, com nítidos incrementos dos horizontes A e E para os horizontes Bt em todos os Planossolos, caracterizando mudança textural abrupta em todos os perfis estudados, conforme também observaram Mota e Oliveira (1999).

A mudança textural abrupta aliada a presença de estrutura prismática nos P1 e P3 e colunar no P2 caracterizam aspectos morfológicos de horizonte B plânico, típico dessa classe de solo (SANTOS, et al., 2018).

Por outro lado, os teores de argila guardam relação com as condições de umidade de cada área, uma vez que os maiores valores foram encontrados no Planossolo da condição subúmida, fato também relatado por Souza et al. (2010) que atribuiu isso ao menor déficit hídrico. Uma característica importante dessa classe de solo é a formação de uma camada de impedimento à drenagem que coincide com o horizonte B, que, nesse estudo, apresentou valores de argila proporcionais aos índices de precipitação de cada região, ou seja, quanto maior a precipitação, maior o acúmulo de argila no horizonte B, devido à maior disponibilidade de água nessa camada.

Os valores de argila dispersa em água (ADA) dos Planossolos seguiram a mesma tendência dos teores de argila, com os maiores valores nos horizontes B plânico. A ADA variou de 38 a 25 g kg⁻¹ solo nos horizontes A; de 132 a 330 g kg⁻¹ solo nos horizontes B plânico. O grau de floculação (GF) teve os índices oscilando de 65% a 77%; de 29% a 58% nos horizontes A e B plânico, respectivamente (Tabela 3), com reduções em profundidade, ou seja, são maiores nos horizontes superficiais. Esse comportamento também foi relatado por Fernandes et al. (2010), que atribuiu essa característica aos maiores teores de sódio e/ou menores de matéria orgânica presentes no complexo de troca dos horizontes subsuperficiais.

A densidade do solo nos perfis de Planossolos variaram entre 1,63 e 1,76 kg dm⁻³ nos horizontes A, e entre 1,66 e 1,90 kg dm⁻³ nos horizontes B plânico. Os maiores valores foram observados nos horizontes B plânico o que confirma o caráter de adensamento desses horizontes nos Planossolos, resultando em permeabilidade lenta e na formação do lençol freático suspenso, de ocorrência periódica durante o ano (SANTOS et al., 2018). Valores semelhantes a esse também foram reportados por Parahyba et al. (2010) que

estudaram a gênese de Planossolos no Agreste pernambucano e também observaram uma relação inversa entre os teores de argila e a porosidade total do solo.

3.3 Atributos Químicos

Os Planossolos apresentaram reação medianamente ácida a fracamente alcalina, nos horizontes superficiais (A+E). O pH em água variou entre 6,06 e 6,60, nos horizontes A e 5,34 a 6,99 nos B plânico, com maior índice de acidez registrado no horizonte Btn do Planossolo da condição seca (Tabela 4). Resultados semelhantes a esses também foram reportados por Mota e Oliveira (1999) em Planossolos do sertão cearense.

Os teores de COT variaram de 3,12 a 6,56 g kg⁻¹ solo e de 6,30 a 9,40 g kg⁻¹ solo nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (Bt), respectivamente (Tabela 4). Os baixos teores observados são condizentes com as condições de semiaridez da região de estudo, conforme explicaram Parahyba et al. (2010) referindo-se a Planossolos do semiárido pernambucano.

De modo geral, houve uma redução dos teores de carbono nos horizontes mais profundos, sendo este um comportamento previsto, uma vez que a maior concentração de raízes e atividade microbiana mais intensa favorecem o acúmulo desse elemento nos horizontes superficiais.

Os horizontes superficiais (A) apresentaram os teores de fósforo variando entre 6,28 a 22,31 mg kg⁻¹, enquanto nos horizontes subsuperficiais (B plânico), a variação foi de 1,43 a 3,27 mg kg⁻¹ (Tabela 4).

Com exceção dos horizontes A e Btnz do Planossolo da condição muito seca e BC do Planossolo da condição seca, todos os demais apresentaram teores de P considerados baixos (P < 9,0 mg kg⁻¹ solo), que, conforme já relatado, é uma condição comum em solos da região semiárida e ocorre em 80% dos Planossolos Nátricos (MENEZES et al. 2005).

Houve uma tendência de acréscimos nos teores dos cátions trocáveis com o aumento da profundidade do solo em todos os locais estudados. A soma de bases (SB) variou de 1,83 a 10,49 cmol_c.kg⁻¹ solo e de 10,89 a 6,57 cmol_c.kg⁻¹ solo nos horizontes A e B plânico, respectivamente (Tabela 4).

Hor.	Profund. (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	COT g kg ⁻¹	P mg.kg ⁻¹	Ca	Mg	Na	K	SB (cmol _c kg ⁻¹)	Al	H	CTC	V (%)	PST (%)	m	CE dS/m
P1 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálculo - Muito Seco (Soledade)																	
A	0-10	6,60	4,75	3,12	22,31	0,84	0,60	0,11	0,28	1,83	0,00	4,62	6,45	28,31	1,71	0,00	0,74
E	10-16	6,14	4,33	0,00	2,04	0,64	0,50	0,16	0,16	1,46	0,00	4,17	5,63	25,91	2,84	0,00	0,85
Btnz1	16-48	6,28	4,39	9,40	2,74	1,50	2,34	2,64	0,09	6,57	0,00	5,56	12,13	54,14	21,78	0,00	8,93
Btnz2	48-72	7,51	5,87	2,68	12,72	2,04	2,83	3,10	0,09	8,06	0,00	2,43	10,49	76,81	29,58	0,00	15,76
Crnz	72-99	8,37	7,37	0,93	6,93	2,60	3,24	3,91	0,14	9,89	0,00	0,83	10,72	92,25	36,49	0,00	15,55

P2 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Seco (Juazeirinho)																	
A	0-11	6,06	4,85	6,55	6,28	1,40	0,07	0,00	9,02	10,49	0,10	6,42	17,01	61,68	0,02	0,59	0,44
E	11-16	5,27	4,15	3,68	2,40	0,93	0,30	0,00	3,63	4,86	0,30	6,55	11,71	41,52	0,04	2,54	0,52
Btnz	16-45	5,34	4,19	6,47	1,43	1,27	2,30	3,50	0,52	7,60	0,23	7,11	14,94	50,86	23,46	0,25	12,80
BCnz	45-70+	8,34	7,01	2,43	21,80	1,67	3,06	7,39	2,06	14,19	0,00	4,59	18,78	75,56	39,38	0,00	14,80
P3 – PLANOSSOLO NÁTRICO Sálco – Subúmido (Areia)																	
Ap	0-5	6,25	5,07	6,56	6,51	1,47	0,82	0,25	0,32	2,86	0,00	2,28	5,14	55,59	4,85	0,00	2,01
E	5-10	6,58	5,15	4,79	5,56	1,49	0,94	0,24	0,31	2,98	0,00	1,93	4,91	60,66	4,94	0,00	1,43
Btn	10-30	6,99	4,83	6,30	3,27	4,98	3,60	2,18	0,13	10,89	0,00	2,61	13,50	80,68	16,13	0,00	3,13
Btnz	30-60	5,65	4,17	4,52	3,46	4,61	3,50	5,62	0,06	13,79	0,46	4,61	18,86	73,13	29,81	2,42	7,25
Crnz	60-90	5,24	4,14	1,77	3,81	2,72	2,08	6,38	0,08	11,26	0,22	2,02	13,50	83,34	47,24	1,67	19,16

Tabela 4. Características químicas dos três perfis de Planossolos estudados sobre gradiente pluviométrico em clima semiárido.

Hor.: Horizonte; Profund.: profundidade; COT: Carbono Orgânico Total; N; Nitrogênio; P: fósforo; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Na: Sódio; K: Potássio; SB: Soma de Bases; Al: Alumínio; H: Hidrogênio; CTC: Capacidade de troca de Cátions; Valor V: Saturação por base; PST: Saturação por sódio; m: Saturação por alumínio; CE: Condutividade Elétrica; nd – não determinado.

Considerando os horizontes superficiais (A), nos perfis da condição muito seca e da subúmida houve predominância do Ca^{2+} , seguido de Mg^{2+} , que juntos representam em torno de 80% da soma de bases, enquanto que na condição seca o cátion predominante foi o K^+ , e nos horizontes mais profundos (B e C) o Na^+ foi o principal elemento, em quantidade.

Sabe-se que o Na^+ em elevadas concentrações pode prejudicar a capacidade produtiva dos solos, promovendo dispersão de argila, obstrução de poros dificultando a infiltração da água e do ar nos solos, além dos efeitos tóxicos nas plantas (RIBEIRO et al., 2009).

A CTC seguiu a mesma tendência da soma de bases, variando de 5,14 a 17,01 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ nos horizontes A e de 12,13 a 14,94 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ nos horizontes (Tabela 4). Resultados semelhantes também foram verificados por Oliveira et al. (2009) em Planossolos do semiárido nordestino. Considerando os valores de CTC é possível verificar um menor valor presente no solo da condição subúmida, isso possivelmente é decorrente da lixiviação de bases promovida pelos maiores índices de precipitação.

Na maioria dos horizontes dos Planossolos estudados a saturação por bases foi considerada alta (> 50%), exceção apenas para A e E do Planossolo na condição muito seca e E da condição seca. Desse modo, são considerados solos com capacidade de fornecimento de nutrientes aos vegetais.

A percentagem de sódio trocável (PST) nos horizontes B plânico dos perfis de Planossolo estudados foi de 21,78%; 23,46% e 16,13%, para a condição muito seca, seca e subúmida, respectivamente (Tabela 4), conferindo a esses solos o caráter sódico (PST $\geq 15\%$), o que os classifica com Nátricos no 2º nível categórico. (SANTOS et al., 2018).

As condições imperfeitas de drenagem, especialmente em regiões áridas ou semiáridas, onde a baixa precipitação pluvial, a presença de camadas impermeáveis e a elevada evapotranspiração contribuem para o aumento da concentração de sais solúveis na solução do solo (salinidade) e/ou o aumento da sodicidade (PST), interferindo no desenvolvimento normal das plantas (RIBEIRO, 2010).

Os teores de sais registrados nos Planossolos, medidos pela condutividade elétrica (CE), são consideráveis e apresentaram uma tendência de acréscimo em profundidade. A CE dos horizontes A variou de 0,44 a 2,01 dS/m e nos horizontes Bt a variação foi de 3,13 a 12,80 dS/m. Valores um pouco menores que esses foram registrados por Parahyba et al. (2010) em Planossolos do Agreste pernambucano.

Os resultados demonstram que no solo da condição subúmida ocorreu maior acúmulo de sais, refletido nos maiores valores de CE, em comparação aos demais. Os sais presentes no solo podem se originar do intemperismo de minerais primários e do material de origem, ou em decorrência do balanço hídrico local, geralmente causado por atividades humana (BRADY; WEIL, 2013), principalmente em decorrência do uso de água salina na irrigação, do manejo inadequado da água e do solo e da ausência de drenagem, que aliados às condições climáticas desfavoráveis tem resultado no aumento da área de solos degradados por salinidade e sodicidade (RIBEIRO, 2010).

Os solos estudados apresentaram caráter sálico, ou seja, condutividade elétrica maior que 7 dS/m dentro de 120 cm da superfície do solo. Por também apresentarem o caráter sódico, os perfis de Planossolo estudados, serão classificados como sálico no 3º nível categórico (SANTOS et al., 2018).

Uma característica marcante da classe dos Planossolos é a formação de uma camada de impedimento originada pelo acúmulo de argila nos horizontes subsuperficiais que ocasiona restrição de permeabilidade em subsuperfície com interferências na infiltração e no regime hídrico (SANTOS et al., 2018). Esse comportamento resultou em maior acúmulo de nutrientes e excesso de sais nos horizontes B plânico, notadamente no solo da condição subúmida que apresentou maior CTC e PST em relação aos solos das demais condições de pluviosidade.

4 | CONCLUSÕES

Por serem solos formados a partir de rochas mais resistentes ao intemperismo, não foi possível observar relação da profundidade com as condições climáticas.

Nos Planossolos a influência da precipitação foi preponderante na formação dos horizontes diagnósticos (B plânico), onde os teores de argila são proporcionais aos índices de precipitação.

Os índices de pluviosidade influenciaram positivamente a fertilidade dos Planossolos, pois, considerando os horizontes mais profundos (B plânico), o solo da condição subúmida,

apresentou os maiores teores de Ca, Mg, Na e CTC.

A presença de níveis elevados de salinidade em alguns horizontes dos solos estudados está relacionada ao material de origem, as condições de pedogênese e às condições climáticas das regiões semiáridas, com predominância de baixas precipitações pluviométricas e altos índices de evaporação, o que demanda cuidados especiais no manejo desses solos.

REFERÊNCIAS

AESA. AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba – PERH-PB**. João Pessoa: SECTMA, 2007.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro**. Brasília: MI/MMA/ADENE/CODEVASF/DNOCS/ANA/IBAMA/BNB /IDENE/BRASIL, 2005. 32 p.

CAVALCANTE, F. de S. DANTAS, J. S.; SANTOS, D.; CAMPOS, M. C. C. Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, SP, n. 8, p. 1-10, 2005.

CORRÊA, M. M.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; RUIZ, H. A.; BASTOS, R. S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.27, p. 311-324, 2003.

DINIZ FILHO, E. T.; ERNESTO SOBRINHO, F.; SILVA, F. N. da; BORGES, P. M.; MAIA, S. S. S. Caracterização e Uso de Solos de Região Semiárida de Médio Oeste do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n. 3, p. 111-120, 2009.

FERNANDES, L. S. C.; RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B.; FERREIRA, R. F. A.; Caracterização e classificação de solos de litopossequência do Projeto Xingó-SE. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 2, p. 191-201, abr./jun., 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2007. (Manuais Técnicos em Geociências, 4).

MENEZES, R. C. S.; GARRIDO, M. da S.; PEREZ M., A. M. Fertilidade dos solos no semiárido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005. Recife. **Palestras...** Recife: UFRPE/SBCS, 2005. 1 CD-ROM.

MOTA, F. O. B.; OLIVEIRA, J. B. Mineralogia de Solos com excesso de sódios no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p.799-806, 1999.

OLIVEIRA, L. B. de; FONTES, M. P. F.; RIBEIRO, M. R.; KER, J. C. Morfologia e Classificação de Luvisolos e Planossolos Desenvolvidos de Rochas Metamórficas no Semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG v. 33, p.1333-1345, 2009.

PARAHYBA, R. DA B. V.; SANTOS, M. C. DOS; ROLIN NETO, F. C.; JACOMINE, P. K. T. Pedogênese de Planossolos em topossequência do Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG v. 34, p. 1991-2000, 2010.

RIBEIRO, M. R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura**: Estudos Básicos e Aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. p.11-19.

RIBEIRO, M. R.; BARROS, M. de F. C.; FREIRE, M. B. G. dos S. Química dos Solos Salinos e Sódicos. In.: MELO, V. de F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.). **Química e Mineralogia do Solo**: Parte II – Aplicações. Viçosa, MG: SBCS, 2009. p. 449-484.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

SANTOS, J. C. B. dos; SOUZA JÚNIOR, V. S. de; CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R.; ALMEIDA, M. da C. de; BORGES, L. E. P. Caracterização de Neossolos Regolíticos da Região Semiárida do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, p. 683-695, 2012.

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G. dos. KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos; SHIMIZU, S. H. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 7.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência de Solos, 2015, 101 p.

SARAIVA, S. M. **Caracterização de Luvisolos, Neossolos Regolíticos e Planossolos ao longo de um gradiente pluviométrico no Semiárido brasileiro** 2016. 146 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2016.

SOUZA, R. V. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S. de; CORRÊA, M. M.; ALMEIDA, M. da C.; CAMPOS, M. C.; RIBEIRO FILHO, M. R.; SCHULZE, S. M. B. B. Caracterização de Solos de uma Topoclimossequência no maciço de Triunfo – Sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 1259-1270, 2010.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, p.1467-1476, 1988.

CAPÍTULO 2

SATURAÇÃO POR BASES NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PÉCUÁRIA COM CULTIVO DE MILHO NOS DOIS PRIMEIROS ANOS

Data de aceite: 21/09/2021

Arismar Ribeiro Brito

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT Confresa, MT.

Henildo de Sousa Pereira

Universidade Estadual de Mato Grosso – UNEMAT, Alta Floresta, MT.

Elizeu Luiz Brachtvogel

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT Confresa, MT.

RESUMO: A maioria das pastagens no Cerrado encontra-se com algum grau de degradação. A estratégia de introduzir a cultura do milho em consórcio com capim na recuperação das pastagens é uma alternativa viável. Mas como os solos do Cerrado são ácidos, para que essa técnica seja viável, dentre tantos outros fatores, um dos principais é conhecer qual o nível de saturação por bases para o milho em consórcio. Assim, o presente estudo objetivou avaliar o efeito de níveis de saturação por bases sobre o crescimento e a produção da cultura do milho, consorciado ou não com *Urochloa brizantha* cv. Marandu nos dois primeiros anos após a correção. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 4x2, sendo: quatro níveis de saturação por bases do solo (25% “controle:

sem calcário”, 45, 60 e 75%) e duas modalidades de cultivo (Milho+Marandu “consorciado” e Milho “monocultura”), sendo o capim semeado 25 dias após a semeadura do milho e na entre linha. No primeiro ano de avaliação não houve diferença para nenhum dos fatores testados, isso ocorreu pelo fato de não ter havido tempo para uma adequada reação do calcário entre a aplicação e cultivo do milho. No segundo ano, as formas de cultivo também não diferiram, já os níveis de saturação influenciaram a cultura do milho. No cultivo consorciado, os níveis de saturação por bases próximas de 56 e 53%, apresentaram maiores valores para altura de planta e altura de inserção de espiga, respectivamente. A produtividade do milho em monocultivo foi maior na saturação por base aproximadamente 47%, já para o milho+Marandu a máxima produtividade foi obtida na saturação próxima a 65%. O consórcio com capim Marandu não interferiu na produtividade do milho. As saturações por bases que resultaram em maiores produtividades foram próximas de 50 e 65% para o cultivo milho+Marandu e monocultivo, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Braquiária, correção da acidez do solo, recuperação de pastagens, *Zea mays* L.

EFFECT OF LEVELS OF BASE SATURATION ON CORN CULTURE IN THE FIRST TWO YEARS IN INTEGRATION CROP-LIVESTOCK

ABSTRACT: Most pastures in the Cerrado have some degree of degradation. The strategy of introducing maize in a intercropping with grass in pasture recovery is a viable alternative. But

because the Cerrado soils are acidic, for this technique to be feasible, among other factors, one of the main factors is to know the level of base saturation for corn in a intercropping. The objective of this study was to evaluate the effect of base saturation levels on corn crop growth and yield, intercropped or not with *Urochloa brizantha* cv. Marandu in the first two years after the correction. The experimental design was randomized complete block design with four replicates, arranged in a 4x2 factorial scheme, with four levels of base saturation (25% “control:no lime”, 45, 60 and 75%) and two forms of cultivation (corn+Marandu “intercropped” and corn “monoculture”), with the grass sown 25 days after maize sowing and in line. In the first year of evaluation, there was no difference for any of the factors tested, this was due to the for missed time. In the second year, the cultivation forms did not differ as well, saturation levels influenced the corn crop. In the intercropping the base saturation levels of 56% and 53% presented higher values for plant height and spike insertion height, respectively. The yield of corn in single crop was higher in saturation by baseline by approximately 47%, while for the intercropped, the maximum yield was obtained at saturation 65%. The Marandu grass intercropped did not interfere with corn productivity. Corn did not respond to the application of lime in the same year of cultivation. The base saturations that resulted in higher yields were close to 50 and 65% for solecropped and intercropped cultivars, respectively.

KEYWORDS: Brachiaria, correcting of soil acidity, recovery of degraded pasture, *Zea mays* L.

1 | INTRODUÇÃO

Em países com a pecuária em desenvolvimento (grupo no qual o Brasil está inserido), a implantação e condução de sistemas de produção que maximizam a produtividade, estão cada vez mais em evidência, pois um sistema que aumenta e diversifica a produtividade, consequentemente reduz os impactos ambientais. Assim, um sistema de produção que além de produzir grãos, ainda produz a forragem para alimentação de animais requer atenção em Regiões de destaque na criação de bovinos.

O Brasil detém o maior rebanho bovino do mundo, cerca de 222 milhões de animais em 2017 (ABIEC, 2018), ocupando uma área de aproximadamente 159 milhões de hectares (45% da área destinada a produção agropecuária) (IBGE, 2017). Desse total, o estado do Mato Grosso contribui com (14%), aproximadamente 31 milhões de animais (ABIEC, 2018), sendo o maior produtor.

Embora tenha o maior rebanho bovino do mundo, a pecuária brasileira apresenta baixa eficiência de produtividade (LOPES; NETO, 2011). Isso é reflexo da degradação das pastagens, onde aproximadamente 80% apresentam algum grau de degradação (DIAS-FILHO, 2014). No Estado do Mato Grosso, a maior parte das áreas ocupadas por pastagens também se encontram com algum grau de degradação, sendo necessário a recuperação/ou renovação. No entanto, os métodos tradicionais de recuperação de pastagens são muito onerosos, em especial pela necessidade de correção e fertilização (CRUSCIOL et al., 2011), fazendo-se necessário a utilização de outros métodos.

A estratégia de recuperação/ou renovação de pastagem conjuntamente com o

consórcio de culturas de grãos tem se mostrado uma alternativa viável (ALVARENGA et al., 2008; CARVALHO et al., 2017), sendo uma das estratégias mais promissoras para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos e, por sua vez, mais sustentáveis no tempo (MACEDO, 2009).

No sistema “Santa Fé”, um dos mais difundidos de integração lavoura-pecuária, utiliza-se o consórcio de cereais com forrageiras do gênero *Urochloa* sp.. Nesse caso, a cultura do milho surge como uma alternativa viável, pelas diversas aplicações deste cereal dentro da propriedade agrícola (TROGELLO et al., 2012). Assim, avaliar a cultura do milho em sistemas onde além de ter a produtividade da cultura ainda tem a renovação da pastagem é de extrema importância, pois é uma alternativa para os produtores que, na maioria das vezes, não renovam as áreas pelo elevado custo (GONTIJO NETO et al., 2018).

Como a maior produção de bovinos no Brasil se dá em áreas naturalmente de baixa fertilidade, ou que estão sob muitos anos de exploração sem o manejo adequado, sem correção e adubação, esse custo fica ainda mais elevado. Diante disso, estratégias para recuperar essas áreas com a diluição de custos são fundamentais para se buscar uma exploração econômica, social e sustentável, reduzindo os danos ao meio ambiente (DIAS-FILHO, 2017).

Já é conhecido que a maioria dos solos brasileiros são ácidos afetando, assim, a disponibilidade de vários nutrientes para as plantas, prejudicando seriamente os rendimentos da maioria das culturas (FAGERIA, 2001). Desse modo, a calagem é uma prática necessária para corrigir acidez e fornecer Ca^{2+} e Mg^{2+} na maior parte dos solos brasileiros, principalmente na região do cerrado, uma vez que estes se caracterizam como ácidos.

A recomendação de calagem pode ser realizada por diversas formas, de acordo com a região, sendo o método de saturação por bases o indicado para solos da região Centro Oeste (SOUSA et al., 2007). Na Região Nordeste de Mato Grosso, não tem trabalhos com saturação por bases para a cultura do milho, quando esta é cultivada em consórcio com forrageiras o que torna fundamental pesquisas nesta área.

Alguns trabalhos verificaram o maior requerimento em fertilidade do solo devido a interferência do cultivo de forrageiras em consórcio com o milho (FONSECA et al., 2011), uma vez que em áreas cultivadas simultaneamente pode haver maior exigência de nutrientes em relação ao seu cultivo solteiro, devido a competição das forrageiras por água, luz e nutrientes (DUARTE et al., 2013). Por outro lado, Tsujigushi et al. (2013) não encontraram diferença quanto a dose de calcário na produtividade de milho em consórcio com *Urochloa ruziziensis*. Dessa forma, são fundamentais trabalhos que buscam avaliar a correção da acidez do solo em cultivo milho+Marandu e monocultivo.

Assim, o presente estudo objetivou avaliar o efeito de níveis de saturação por bases sobre o crescimento e produtividade da cultura do milho em monocultivo e milho+Marandu

nos dois primeiros anos após a correção do solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se um experimento durante dois anos consecutivos (safra 2010/11 e 2011/12) no Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) – Câmpus Confresa, localizado nas coordenadas geográficas 10°39'40" S e 51°33'11" W, com altitude de aproximadamente 230 m, solo classificado como Latossolo Amarelo Distrófico. O clima da região é, segundo a classificação de Köppen, do tipo Aw, tropical com estação seca de inverno (junho a agosto) e verão chuvoso (dezembro a fevereiro), os dados de precipitação e temperatura do período de condução do experimento estão na Figura 1.

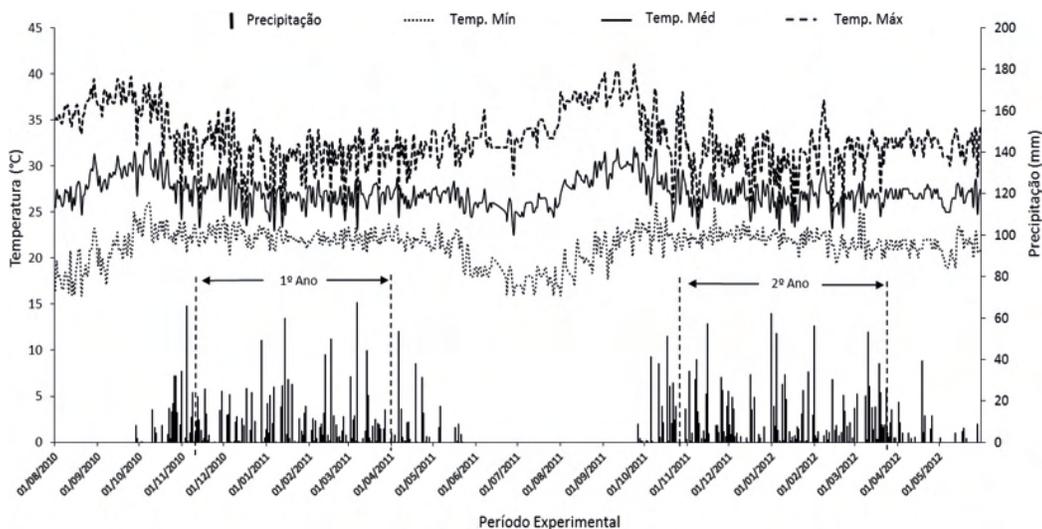


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperaturas máxima, média e mínima diária, nos anos de condução do experimento. Confresa – MT. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 2013.

Anteriormente à instalação do experimento, foi realizada a coleta de solo na camada de 0,00-0,20 m para análise química conforme metodologia descrita por Raji et al. (2001), apresentando as seguintes características químicas: pH em (CaCl₂)= 4,4; Al³⁺ = 0,2 cmol_cdm⁻³; H + Al = 3,9 cmol_cdm⁻³; MO = 22 g kg⁻¹; Ca²⁺ = 0,7 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,2 cmol_c dm⁻³; P= 3,5 mg dm⁻³ (resina); K⁺= 0,41 cmol_c dm⁻³; CTC = 5,21 cmol_c dm⁻³, saturação por bases V% = 25, Al saturado = 13%, e argila = 23%, silte = 7% e areia = 70%, e de acordo com os valores descritos na análise foram realizado as recomendações de calagem (zero; 1,17; 2,05 e 2,94 Mg ha⁻¹ de acordo com cada tratamento), a adubação foi realizada de forma semelhante para todas as parcelas, sendo: no plantio (400 kg ha⁻¹ do adubo 04-14-08 na linha de plantio) e na cobertura em estádio V5 (80 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia

e 20 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de KCl, localizado ao lado da linha de plantio) seguindo a recomendação proposta por (RAIJ et al., 1997).

Os tratos culturais foram realizados sempre que necessário, onde o controle das plantas daninhas foi feito através de capina manual, e o controle de inseto praga e doenças com defensivos agrícolas.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Sendo os tratamentos dispostos em arranjos fatorial 4 x 2, constituídos da combinação de quatro níveis de saturação por bases: 25% “sem correção”; 45 (1,17); 60 (2,05) e 75% (2,94) valorentre parênteses corresponde a dose aplicada em Mg ha⁻¹ e duas modalidades de cultivo (milho com Brachiaria na entre linha de semeadura e monocultura de milho), testados em parcelas de 5 x 8 m (40 m²), com área útil de 16,2 m² (três linhas centrais de 6,0 m).

No início da safra 2010/11 foi instalado o experimento, aplicando a lanço de forma manual o calcário dolomítico (PRNT de 88%) no início do período chuvoso (25/09/10) e incorporado na camada de 0,0-0,2 m utilizando grade aradora e posteriormente nivelado, em 14 de novembro de 2010 foi realizada a semeadura do híbrido de milho AG 1051, espaçados em 0,9 m entre linhas e a população de 50 mil plantas ha⁻¹, 25 dias após, o capim Marandu foi semeado na entre linha do milho, utilizando 350 pontos de valor cultural ha⁻¹. Essa estratégia de semeadura entre o milho e o capim foi utilizada para reduzir a interferência da forrageira na cultura do milho e também para não comprometer o estabelecimento do capim.

Para o início da segunda safra (2011/12), o capim Marandu da safra anterior foi dessecado em 23/09/2011 utilizando glyphosate (2,16 kg e.a. ha⁻¹), e após secar foi roçado e os restos culturais mantidos nas parcelas. O plantio seguiu a mesma recomendação do primeiro ano. A adubação e os tratos culturais foram semelhantes em todas as parcelas nos dois anos de condução do experimento, bem como o híbrido de milho e cultivar da forrageira foi a mesma para os dois anos. Para avaliação do desenvolvimento da cultura do milho, foram avaliadas as seguintes características: altura de plantas (AP), que corresponde à distância entre a superfície do solo e a folha bandeira; altura de inserção de espiga (AIE) que corresponde à distância entre a superfície do solo e a base da inflorescência feminina; relação entre altura da espiga e altura da planta (AE/AP), foi obtida pela razão entre AIE e AP; diâmetro do colmo (DC) do primeiro entrenó acima do colo da planta, essas medidas foram feitas de forma aleatória em 10 plantas da área útil da parcela, quando as plantas estavam em florescimento pleno. Massa de mil grãos (1000 G), foi determinada segundo metodologia descrita na RAS (BRASIL, 2009), e o teor de água dos grãos corrigido para 13% e produtividade de grãos (PG) em Kg ha⁻¹ foi obtida a partir da colheita e pesagem de grãos provenientes das espigas da área útil de cada parcela, corrigido para 13% de umidade.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F utilizando o software

Sisvar (FERREIRA, 2011). Quando constatada significância foi realizado o teste de média para formas de cultivo, e análise de regressão para os níveis de saturação por bases, calculada para equações de primeiro e segundo graus, quando ambas as equações apresentaram significância, optou-se por aquela com maior coeficiente de determinação (R^2). Em caso de interação procedeu-se com o desdobramento.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de F calculado para as fontes de variação dos fatores isolados, e também da interação, referente ao primeiro ano de cultivo do milho (2010/11), para as características morfológicas, massa de 1000 de grãos e produtividade estão expostas na (Tabela 1).

Fonte de variação	Variável					
	AP	AIE	AIE/AP	DC	M1000	PG
Cultivo (C)	1,046 ^{NS}	0,025 ^{NS}	1,001 ^{NS}	1,361 ^{NS}	0,009 ^{NS}	0,012 ^{NS}
Saturação(S)	0,500 ^{NS}	2,769 ^{NS}	2,848 ^{NS}	0,459 ^{NS}	0,822 ^{NS}	0,962 ^{NS}
C x S	1,703 ^{NS}	1,541 ^{NS}	0,186 ^{NS}	1,104 ^{NS}	0,620 ^{NS}	0,964 ^{NS}
Média	149	69	0,46	13,91	249,74	3066,11
C.V. (%)	15,56	8,05	8,69	4,80	8,94	20,75

** , * e NS: significativo ($p < 0,01$), ($p < 0,05$) e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta- AP (cm), inserção de espiga -AIE (cm), relação AIE/AP, diâmetro do colmo - DC (mm), massa de mil grãos - M1000 (g) e produtividade - PG (kg ha^{-1}) em área de primeiro ano de cultivo de milho híbrido AG 1051 cultivado na safra 2010/2011 em Confresa-MT, Brasil.

Observa-se que não houve diferença para os fatores testados isoladamente, tampouco para interação (Tabela 1). Esta não resposta do milho para os níveis de saturação por bases, evidencia que a aplicação de calcário no mesmo ano agrícola não foi efetiva na correção da acidez do solo, visto que o período entre a aplicação do corretivo e o plantio foram de 50 dias, vale ressaltar que aproximadamente 20 dias deste período, o solo esteve sem umidade suficiente para ocorrer a reação do calcário, o que pode ter contribuído para não haver resposta.

O calcário necessita de tempo em condições de umidade e temperatura para reagir, esse tempo pode variar em função da precipitação pluvial, se o tempo em condições de reação for curto, pode não haver resposta como o esperado. Estudando períodos de aplicação de calcário até 75 dias antes da semeadura, Castro et al. (2013a) concluíram que o desenvolvimento do milho foi influenciado pelo tempo de reação do calcário, e enfatizam

que quanto maior o tempo de reação do calcário no solo maior o desenvolvimento das plantas. A ação corretiva da acidez do solo ocasionada pelo calcário permanece crescente até os 180 dias após a incubação (CALONEGO et al., 2012). A aplicação de 4 Mg ha⁻¹ de calcário, realizado 30 dias antes do plantio, não influenciou o desempenho da cultura do milho (CASTRO et al., 2013b), como a dose máxima aplicada no presente trabalho foi (2,94 Mg ha⁻¹), e o tempo de reação curto, não houve reação para neutralizar os ácidos em quantidades suficiente para elevar o V% a níveis que favorecem o desenvolvimento da planta a ponto de apresentar diferença nos tratamentos.

A resposta da cultura quanto a aplicação do calcário no início da safra, pode variar em função da regularidade das chuvas entre o período de aplicação do calcário e a semeadura, ou seja, mesmo que a aplicação do calcário seja feita 90 dias antes da semeadura, não significa que vai está reagindo durante todo este tempo, uma vez que as chuvas são irregulares no período inicial, podendo o solo ficar muitos dias sem conteúdo de água suficiente para ocorrer a reação.

O desenvolvimento do milho no primeiro ano de cultivo também não foi afetado pela forrageira (Tabela 1). Isso pode ser atribuído ao fato da forrageira ter sido semeada 25 dias após o milho, e pela maior taxa de crescimento do milho nos primeiros 30 dias, dando condições para sobressair à forrageira, esta que apresenta desenvolvimento inicial menor em comparação a cultura do milho (JAKELAITIS et al., 2006).

No segundo ano de cultivo (Tabela 2), observa-se que as variáveis: altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro do colmo (DC) e produtividade (PG), apresentaram interações significativas.

Fonte de variação	Variável					
	AP	AIE	AIE/AP	DC	M1000	PG
Cultivo (C)	18,780*	7,992**	2,018 ^{NS}	3,903 ^{NS}	0,001 ^{NS}	0,143 ^{NS}
Saturação(S)	3,772**	1,245 ^{NS}	0,703 ^{NS}	1,954 ^{NS}	0,747 ^{NS}	3,835**
C x S	3,678*	8,634*	2,018 ^{NS}	3,270*	1,160 ^{NS}	3,313**
Média	144,07	69,13	0,48	13,82	248,18	3126,19
C.V. (%)	2,73	3,83	3,88	6,19	10,38	9,20

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta- AP (cm), altura de inserção de espiga -AIE (cm), relação AIE/AP, diâmetro do colmo - DC (mm), massa de mil grãos - M1000 (g) e produtividade - PG (kg ha⁻¹) em área de segundo ano de cultivo de milho híbrido AG 1051 cultivado na safra 2011/2012 em Confresa-MT, Brasil.

** , * e NS: significativo (p<0,05), (p< 0,01) e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

O desdobramento para os níveis de saturação por bases dentro dos sistemas de cultivo referente à AP, AIE, DC e PG no segundo ano de cultivo estão apresentados na Tabela 3.

Analisando os sistemas de cultivo dentro de cada nível de saturação por bases, verifica-se que quando o milho foi cultivado com saturação por bases 45 e 60%, o sistema de monocultivo apresentou menor AP e AIE, sendo que o sistema de cultivo não influenciou nos demais níveis de saturação por bases.

Saturação por bases (%)	Cultivo							
	AP (cm)		AIE (cm)		PG (kg ha ⁻¹)		DC (mm)	
	M+M	M	M+M	M	M+M	M	M+M	M
25	139,70 a	142,06 a	66,31a	68,85 a	2812,96a	3060,83a	14,06a	13,44a
45	148,57 a	140,27 b	72,37 a	67,35 b	2990,92a	3396,85a	13,39a	13,63a
60	153,75 a	141,13 b	74,10 a	64,84 b	3409,72a	3341,66a	15,50a	13,37 b
75	146,35 a	140,76 a	69,02 a	70,18 a	3214,14a	2782,46 b	13,52a	13,65a
Média	147,09	141,05	70,45	67,80	3106,93	3145,45	14,12	13,52

Tabela 3. Desdobramento de formas de cultivo dentro de cada saturação por base V% para as variáveis alturas de planta-AP, inserção de espiga-AIE, produtividade-PG e diâmetro do colmo-DC.

Médias seguidas por letras distintas na linha para cada variável, diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%. M+M=Milho+Marandu; M=Monocultivo.

O DC foi influenciado pela forma de cultivo, apenas na saturação por base 60%, onde o cultivo em consórcio resultou em maior diâmetro (Tabela 3). Essa maior altura e maior DC em saturação por bases próximas a 60% estão relacionadas ao maior desenvolvimento da gramínea cultivada no ano anterior, pois a mesma apresenta maior desenvolvimento em saturação próxima a 60% (SOUSA; LOBATO, 2004), e conseqüentemente deixa maior resíduo no solo.

Quanto à produtividade, quando se elevou a saturação para 75% houve diferença para os sistemas de cultivo, sendo que o cultivo milho+Marandu resultou em maior produtividade, isso pode ser explicado pelo fato de ter ficado 10 Mg ha⁻¹ de palhada do capim Marandu do ano anterior, conforme Brachtvogel et al. (2012) avaliando capim Marandu no mesmo experimento. Assim, a palhada manteve o solo em condições mais favoráveis para desenvolvimento de microrganismos de solo e também pela ciclagem de nutrientes (LOPES; NETO, 2011), pois no monocultivo o solo não tem palhada do capim. Para os demais níveis de V%, a forma de cultivo não interferiu na produtividade. Como o capim Marandu não interferiu na produtividade do milho, torna-se viável o cultivo do milho+Marandu, Silva et al. (2015) avaliando densidade de capim *Urochloa brizantha* cv. Piatã em consórcio com milho não encontraram diferença na produtividade do milho

quando cultivado com o capim Piatã até densidade de 15 plantas m⁻². Como no cultivo de milho+Marandua densidade do capim é reduzida buscando a menor interferência possível no milho, este sistema de cultivo milho+Marandua pode ser implantado como uma alternativa sem que haja interferência negativa no cultivo do milho (QUEIROZ et al., 2016).

Desdobrando os níveis de saturação por bases dentro das formas de cultivos para a variável altura de planta (Figura 2A), observa-se que no sistema monocultivo, os dados não se ajustaram aos modelos testados (linear e quadrático), já no sistema de cultivo em consórcio com capim Marandua, os dados se ajustaram ao modelo quadrático, sendo o ponto de máxima aproximadamente 152 cm, com a saturação por base de aproximadamente 56%.

O desdobramento da variável AIE para os níveis de saturação por bases quando no cultivo milho+Marandua (Figura 2B), segue a mesma tendência da AP, onde o maior AIE foi aproximadamente 74 cm, com a saturação por base de aproximadamente 53%. As variáveis AP e AIE se comportaram de forma semelhante, onde apresentaram as maiores AP e AIE nos níveis de saturação por bases aproximados 56% e 53%, respectivamente. No monocultivo os dados de AIE se ajustaram ao modelo de regressão quadrática com ponto de mínima, onde teve sua menor altura (65 cm), no nível de saturação por base próximo de 53%.

No entanto, essa menor AIE no monocultivo não representa efeito negativo, pois o corte no momento da colheita pode ser feito mais baixo, pelo fato de não haver forrageira. Por outro lado, quando cultivado em consórcio com forrageiras a maior AIE é desejável, visto que a plataforma da colhedora irá trabalhar em alturas maiores e dessa forma terá menor massa de forrageira ceifada, resultando em menor tempo de vedação até o primeiro pastejo (CRUSCIOL et al., 2010).

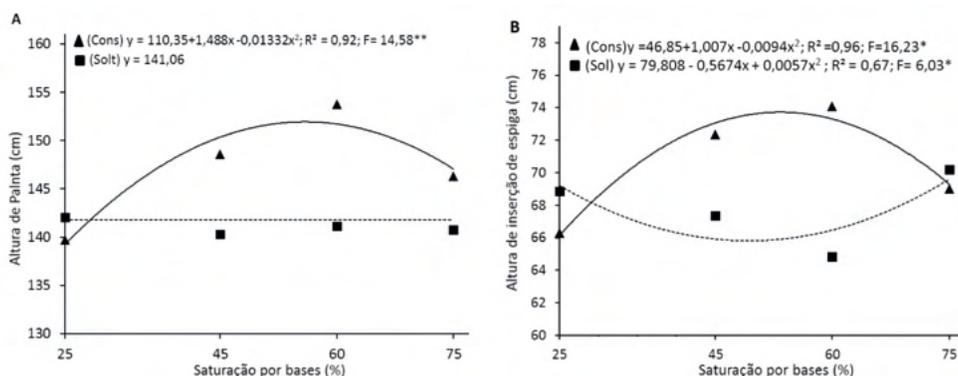


Figura 2. Altura de planta (2A), altura de inserção de espiga (2B) em função da saturação por bases em sistemas de monocultivo de milho (Solt) e milho+Marandua (Cons), safra 2011/2012 no município de Confresa – MT, Brasil.

O desdobramento das formas de cultivos dentro de cada nível de saturação por bases apresentou diferença significativa no nível de saturação 60%, com maior diâmetro de colmo quando o milho foi cultivado em consórcio (Tabela 3). Esse aumento mostra-se vantajoso, pois é uma das características morfológicas que mais tem sido relacionada com o percentual de acamamento ou quebraimento de planta na cultura do milho (KAPPES et al., 2011). Já o desdobramento da variável diâmetro do colmo para os níveis de saturação por bases dentro das formas de cultivos não foi significativo para nenhum dos modelos testados (linear e quadrático), sendo a maior média obtida no cultivo milho+Marandu em saturação por bases 60% (Tabela 3).

Para a produtividade do milho, tanto o cultivo milho+Marandu quanto o monocultivo se ajustaram ao modelo quadrático, para o monocultivo a máxima PG (3440 kg ha⁻¹), foi obtida com a saturação por base de 47% (Figura 3), valor próximo ao verificado por Figueiredo et al. (2012) e recomendado pelos autores para saturação por base para milho em solos altamente intemperizados. Já para modalidade de cultivo milho+Marandu, a máxima (3280 kg ha⁻¹), foi alcançada quando a saturação por base foi de aproximadamente 65%. Esses resultados reforçam o efeito positivo da calagem em doses adequadas para a região do Cerrado, que também está próxima da recomendação proposta por (SOUSA; LOBATO, 2004).

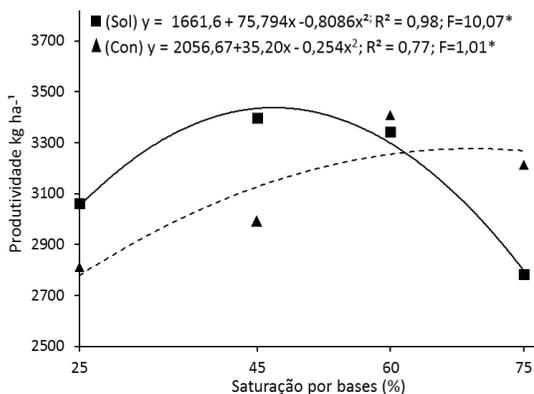


Figura 3. Produtividade em função da saturação por bases em sistemas de cultivo milho+Marandu (Con) e monocultivo (Sol), safra 2011/2012 no município de Confresa – MT, Brasil.

Pôde-se observar que no segundo ano após a correção do solo, houve efeito para o fator saturação, o que indica que o calcário aplicado no ano anterior teve seu efeito corretivo apenas no segundo ano. Já as formas de cultivo em geral não diferiram nessa pesquisa, dados estes que estão de acordo com alguns autores que também não encontraram diferença quando se cultivou milho em consórcio com capim (ALVES et al., 2013).

As produtividades de milho no presente estudo foram inferiores aos obtidos

comumente na região, isto pode ter ocorrido devido a veranicos na região e também pelo fato da semeadura ter sido feita mais tarde, o que acelera o florescimento e conseqüentemente reduz a produtividade (SANS; SANTANA, 2002). Outro fato que contribui para essas produtividades baixas é o cultivo ser realizado em áreas após pastagens degradadas, visto que nessas áreas as produtividades tendem a serem menores em relação a áreas agrícolas já estabelecidas (ALVARENGA et al., 2008). Os dados de produtividade estão na mesma faixa dos obtidos em experimento conduzido na mesma classe de solo do presente estudo (VELOSO et al., 2016). Também avaliando cultivo de milho AG1051 em consórcio com *U. Brizantha*, Silva et al. (2011) obtiveram rendimentos médios de 3231 kg ha⁻¹, resultados próximos ao obtidos neste estudo.

Mesmo não havendo diferença significativa (Tabela 3), é importante observar por meio da Figura 3, que a produtividade do milho no cultivo milho+Marandu é inferior até a saturação 60%, a partir desse ponto a produtividade do monocultivo foi menor, pois teve uma queda acentuada de produtividade, isso pode ter ocorrido pelo fato da saturação por base acima de 50% em solos arenosos indisponibilizar os micronutrientes catiônicos (GONÇALVES et al., 2018). Já no cultivo milho+Marandu, o ponto de máxima produtividade em maior valor de saturação por bases, pode ser devido a competição com a forrageira, sendo que a produção do *Urochloa brizantha* cv. Marandu foi de 10 Mg ha⁻¹, ou seja, além da produtividade do milho, a forrageira também está absorvendo nutrientes, requerendo assim maior fertilidade do solo (GIMENES et al., 2008).

4 | CONCLUSÕES

O milho não respondeu a aplicação de calcário realizada no mesmo ano de cultivo, respondendo apenas no segundo ano.

O cultivo de milho+Marandu não interferiu na produtividade do milho, sendo as saturações por bases próximas à 50% no monocultivo e 65% no cultivo de milho+Marandu que resultam em maiores produtividades do milho.

O cultivo de milho+Marandu resultou em plantas maiores, com maiores alturas de inserções de espigas e maiores diâmetros de colmos.

REFERÊNCIAS

ABIEC. **Perfil da Pecuária no Brasil – Relatório Anual 2018**. Disponível em: <http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>

ALVARENGA, R. C.; COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; WRUCK, F. J.; CRUZ, J. C.; GONTIJO NETO, M. M. A. Cultura do Milho na integração Lavoura-Pecuária. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (Ed.). **A Cultura do Milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 491-517.

ALVES, V. B.; CECCON, G.; LEITE, L. F. Morfologia e produtividade de híbridos de milho safrinha solteiro e consorciado com braquiária. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 152- 163, 2013. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v12n2p152-163>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.

BRACHTVOGEL, E. L.; BRITO, A. R.; CABRAL, A. S.; SOUSA, A. D. R.; PEREIRA, H. S. CRUZ, S. C. S. Desempenho de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Diferentes Níveis de Saturação por Bases no Sistema de Integração Lavoura-Pecuária “Santa Fé”. In: FERTIBIO, 2012, Maceió. **Anais [...]**. 2012.

CALONEGO, J.; MORA, V.; SANTOS, C.; OLIVEIRA, L. Calagem e silicatagem em solo incubado com diferentes umidades. **Colloquium Agrariae**, v.8,n.2, p.46-56, 2012. <https://doi.org/10.5747/ca.2012.v08.n2.a078>

CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C.; VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. **Pubvetv**, v.11, n.10, p.1036-1045, 2017. <http://dx.doi.org/10.22256/pubvet.v11n10.1036-1045>

CASTRO, A. M. C.; ALMEIDA, Y. F. R.; ARLANCH, A. B.; BAPTISTA, J. P. Tempo de reação de calcário e gesso no desenvolvimento da planta de milho. **Cultivando o saber**, v.6, n.3, p.10-25, 2013a.

CASTRO, A. M. C.; RUPPENTHAL, V.; RANDO, E. M.; MARCHIONE, M. S.; GOMES, C. J. A. Calcário e gesso no desenvolvimento do milho cultivado em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. **Cultivando o Saber**, v.6, n.1, p.8-16, 2013b.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P.; BORGHI, E.; MATEUS, G. Benefits of integrating crops and tropical pastures as systems of production. **Better Crops International**, v. 94, n. 2, p. 14-16, 2010.

CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; PARIZ, C. M. BORGHI, E.; COSTA, C.; SILVEIRA, J. P. F. Nutrição e produtividade de híbridos de sorgo granífero deciclos contrastantes consorciados com capim- marandu. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.46, n.10, p.1234-1240, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000017>

DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: o que é e como evitar. Brasília: Embrapa, 2017. 19p. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1070416/1/TC1117CartilhaPasta_gemV04.pdf

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Documentos, 402). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>.

DUARTE, A. P.; KURIHARA, C. H.; CANTARELLA, H. **Adubação do Milho Safrinha em Consórcio com Braquiária**. In: CECCON, G. Consórcio Milho-Braquiária. Brasília: Embrapa, 2013. p. 113-141.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2013. 353 p.

- FAGERIA, N. K. Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1419-1424, 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001001100013>
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n.6, p.1039-1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- FIGUEIREDO, C.C.; BARBOSA, D. V.; OLIVEIRA, S. A.; FAGIOLI, M.; SATO, J. H. Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho. **Revista Ciência Agrônoma**, v. 43, n. 3, p. 446-452, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902012000300005>
- FONSECA, I. C.; CECCON, G.; ALVES, V. B.; PADILHA, N. S.; LEITE, L. F. Produtividade de milho safrinha, solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis* em Dourados, MS. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 9., 2011, Lucas do Rio Verde. Anais []. Fundação Rio Verde: ABMS, 2011. P. 211-218. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/50256/1/211-Produtividade.pdf>
- GIMENES, M. J.; VICTORIA FILHO, R.; PRADO, E.P.; POGETTO, M. H. F. A.; CHRISTOVAM, R. S. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da FZVA**, v.15, n.2, p. 61-76, 2008.
- GONÇALVES, F. A. R.; XAVIER, F. O.; SILVA, R. R.; AQUINO, L. A.; CARVALHO, A. M. X.; NOVAIS, R. F. Influência da saturação por bases do solo sobre a disponibilidade e absorção de zinco. **Cultura Agrônoma**, v.27, n.2, p.262-272, 2018.
- GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; RESENDE, A. V.; ALVARENGA, R. C. Benefícios e desafios da integração lavoura-pecuária na melhoria da qualidade dos solos do Cerrado. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 161, p. 9-21, 2018. Disponível em: <http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/issue/ia-brasil-2018-161>
- IBGE. **Censo agropecuário**. 2017. Rio de Janeiro, 2017. p.1-108. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/eriodicos/3093/agro2017_resultados_preliminares.p df
- JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SILVA, A. F.; SILVA, L.L.; FERREIRA, L. R.; VIVIAN, R. Efeitos de herbicidas no controle de plantas daninhas, crescimento e produção de milho e *Brachiaria brizantha* em consórcio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 1, p. 53-60, 2006.
- KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, A. C.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v.70, n.2, p.334- 343, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000200012>
- LOPES, H. R.; NETO, O. G. Benefícios da adoção da integração lavoura-pecuária. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v.2, 2011. Disponível em: <http://www.fazu.br/ojs/index.php/posfazu/articel/viewFile/434/326>
- MACEDO, M. C. M. M. Integração lavoura epecuária: o estado da arte e inovação tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, Supl. Esp., p.133-146, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001300015>

QUEIROZ, R. F.; CHIORDEROLI, C. A.; FURLANI, C. E. A.; HOLANDA, H. V.; ZERBATO, C. Maize intercropped with *Urochloa ruziziensis* under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.46,n.3, p.238-244, 2016.
<http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632016v4640464>

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, M.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2001. 285 p.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

SANS, L.M.A.; SANTANA, D.P. **Cultivo do milho**: clima e solo. Embrapa Milho e Sorgo. 2002. Comunicado técnico, 38. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/486999>

SILVA, D. V.; PEREIRA, G. A. M.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, G. S.; FERREIRA, L. R.; CECON, P. R. Produtividade e teor de nutrientes do milho em consórcio com braquiária. **Ciência Rural**, v.45, n.8, p.1394-1400, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140760>

SILVA, M. G. O.; FREITAS, F. C. L.; MESQUITA, H.C.; NASCIMENTO, P. G. M. L. RODRIGUES, A. P. M. S.; SANTANA, F. A. O. Rendimento de grãos de cultivares de milho em consórcio com *Brachiaria brizantha*. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.7, n.1, p.23-29, 2011.

SILVA, R. O.; BARIONI, L. G.; HALL, J. A. J.; MORETTI, A. C.; VELOSO, R. F.; ALEXANDER, P. CRESPOLINI, M.; MORAN, D. Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration. **Agricultural Systems**, v.153, p.201-211, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.02.001>

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do Solo e Adubação**. 2. ed. Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. **Acidez do solo e sua correção**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L.F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; SCARSI, M.; SGARBOSSA, M. Desenvolvimento inicial e produtividade da cultura do milho no sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Ceres**, v.59, n.2, p.286-291, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000200019>

TSUJIGUSHI, B. P.; KURIHARA, C. H.; CARVALHO, L. A. Calagem, gessagem e manejo da adubação em milho safrinha consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. In: Seminário nacional de milho safrinha, 12., 2013, Dourados. Anais [...]. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 1 Cd-rom.

VELOSO, C. A. V.; SILVA, A. R.; CARVALHO, E. J. M.; SLVEIRA FILHO, A. **Produção de grãos de milho sob manejo da adubação fosfatada em latossolo amarelo distrófico no Oeste Paraense**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2016.

AVALIAÇÃO DO N VOLATIZADO E SOLO ADUBADO COM CAMA DE FRANGO E INIBIDOR DE UREASE

Data de aceite: 21/09/2021

Data de submissão: 17/07/2021

Eduardo Peixoto Silva

Faculdade de Engenharia Ambiental,
Universidade de Rio Verde
Rio Verde – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/3590700419524973>

Joiran Luiz Magalhães

Faculdade de Engenharia Ambiental,
Universidade de Rio Verde
Rio Verde – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/5153685325715417>

Roberto Gomes Vital

Escola de Agronomia, Universidade Federal de
Goiás
Goiânia – Goiás
<http://lattes.cnpq.br/9808353641108909>

RESUMO: Objetivou-se analisar a eficiência do Agrotain Plus como inibidor de nitrificação em solo do cerrado junto à cama de aviário a fim de mitigar possíveis impactos ambientais desses resíduos. Utilizou-se cama de frango (CF) com e sem a adição do inibidor de uréase, Agrotain Plus (AP) na quantidade de 14 kg ha⁻¹, em solo do cerrado (Latosolo Vermelho Distrófico). O experimento foi conduzido em plataforma de apoio com 56 garrafas plásticas de dois litros, com um quilo de solo adotando o DIC com quatro repetições nas doses de 0, 5, 10, 20, 40, 80 e 160 t ha⁻¹ de cama de frango. Avaliaram-se as características de volatilização, potencial

hidrogeniônico, condutividade elétrica e potássio no líquido percolado. Com os resultados, concluiu-se que o inibidor de uréase Agrotain Plus não proporcionou redução da volatilização do N e a aplicação de cama de frango promoveu alteração do pH do percolado, elevando a condutividade elétrica e os teores de potássio lixiviado.

PALAVRAS - CHAVE: Resíduos de frango, volatilização, adubação orgânica.

N ASSESSMENT VOLATILIZATION AND FERTILIZED SOIL WITH CHICKEN AND BED UREASE INHIBITOR

ABSTRACT: This study aimed to analyze the Agrotain Plus efficiency as nitrification inhibitor in the cerrado soil near the poultry litter in order to mitigate possible environmental impacts of such waste. We were used poultry litter (CF) with and without the addition of the urease inhibitor Agrotain Plus (AP) in the amount of 14 kg ha⁻¹ in soil closed (Latosol Red Dystrophic). The experiment was conducted in support platform with 56 plastic bottles of two liters, with a kilogram of soil adopting DIC with four replications at doses of 0, 5, 10, 20, 40, 80 and 160 t bed ha⁻¹ chicken. Evaluated the characteristics of volatilization, hydrogenionic potential, electrical conductivity and potassium in percolated liquid. From the results, it was concluded that the urease inhibitor Agrotain Plus provided no reduction in volatilization of N and poultry litter application promoted leachate changing the pH, increasing the electrical conductivity and leached potassium levels.

KEYWORDS: Chicken waste, volatilization, organic fertilization.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil tem sido líder mundial em exportação de carne de frango nos últimos 10 anos, com 13 milhões de toneladas exportadas em 2015 (AGÊNCIA BRASIL, 2015). A grande produção de aves é um dos maiores e mais rápidos ramos de desenvolvimento da indústria agroalimentar em todo o mundo, gerando quantidades consideráveis de resíduos, os quais acarretam problemas ambientais significativos (AITA et al. 2013).

Os resíduos provenientes da criação de frango podem ser reaproveitados como fertilizante por proporcionar um aditivo na qualidade do solo, melhorando suas características químicas, físicas e biológicas, e auxiliando na redução dos processos de lixiviação, volatilização e fixação devido a sua liberação gradativa de nutrientes no solo (MUELLER et al. 2013).

A aplicação de resíduos aviários pode ocorrer tanto em profundidade quanto em superfície, entretanto, na aplicação superficial, as perdas de nitrogênio são significativas por meio da volatilização do NH_3 . Nesse contexto, uma forma de minimizar tais perdas pode ser feito por meio da adoção da aplicação da cama de frango em profundidade, posto que sua decomposição ocorre no interior do solo onde existe uma maior presença de íons de hidrogênio (H^+), propiciando condições mais favoráveis para a transformação do NH_3 em NH_4^+ (MOTTIN et al. 2015).

O nitrogênio presente na cama de frango pode ser limitante na agricultura, de modo que algumas regiões do mundo apresentam carência desse nutriente no solo, o que ocasiona baixa produção de alimentos. Já em outras regiões, tal nutriente pode ser encontrado em excesso, perfazendo as necessidades das culturas e apresentando sobras, demonstrando outra característica do nitrogênio, a de poluente (MARTINELLI, 2007). Uma das estratégias para se retardar a alta concentração de nitrogênio no solo (NO^3^-), é a utilização de inibidores de nitrificação, através desse método, o potencial poluidor do nitrogênio passa a ser reduzido, além de representar um aditivo no potencial fertilizante do mesmo (AITA et al. 2013).

Considerando-se as expressivas quantidades de resíduos aviários que são gerados no Brasil em consequência da grande produção de carne de frango no país, e o potencial poluidor desses resíduos em virtude de sua rápida taxa de nitrificação do N, faz-se necessário avaliar a eficiência de inibidores de nitrificação quando aplicados no solo junto à cama de frango. Deste modo, o presente estudo objetivou analisar a eficiência do Agrotain Plus como inibidor de nitrificação em solo do cerrado juntamente com a cama de aviário a fim de mitigar possíveis impactos ambientais desses resíduos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na área experimental da Fazenda Fontes do Saber, Campos Universitário da UniRV - Universidade de Rio Verde, localizada nas seguintes coordenadas

- 17° 47' 03" de Latitude Sul e -50° 57' 55" de Longitude Oeste no município de Rio Verde, Goiás.

O experimento foi instalado em plataforma de apoio contendo um metro de altura por cinco centímetros de largura por seis metros de comprimento com 56 garrafas plásticas de dois litros, que, seguindo a metodologia apresentada por Araújo et al. (2006), serviram de câmara coletora de N-NH₃ (Figura 1).

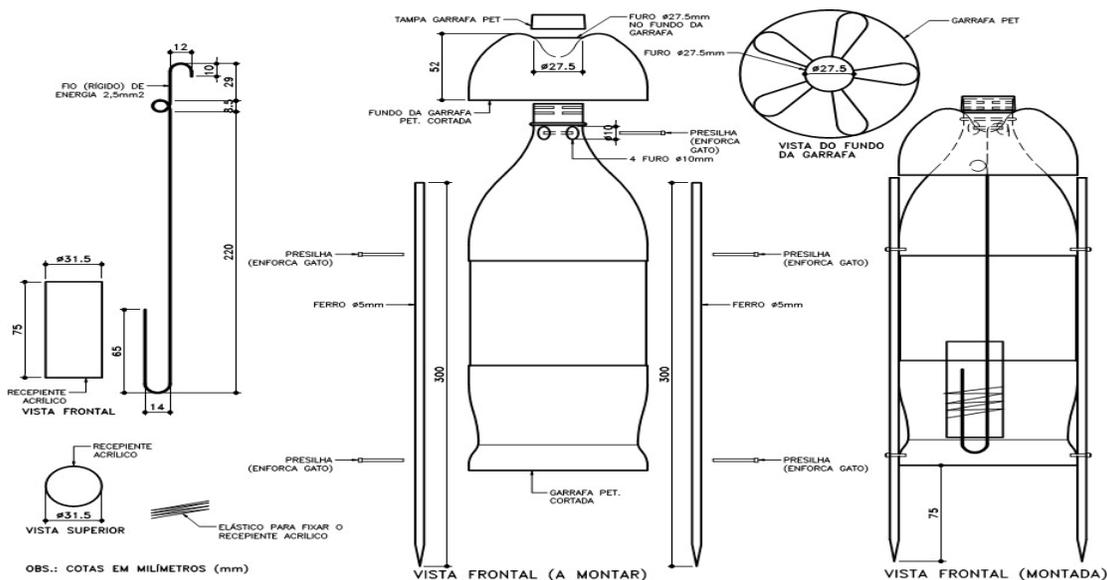


Figura 1. Esquema da câmara coletora de N-NH₃ semiaberta com garrafa pet (Adaptado de ARAÚJO et al. 2006).

O sistema adotado foi o de câmara estática, tendo sido confeccionada através de frasco plástico transparente PET de 2 litros sem a base, o qual foi ocupado com um quilo de solo do cerrado latossolo vermelho distrófico, coletado na profundidade de 0 a 20 cm, e posteriormente foram adicionadas as doses de cama de frango (CF) (Tabela 1).

Macronutrientes					Condutividade elétrica	
N	P	K	Ca	Mg	S	
.....g kg ⁻¹						us cm ⁻¹
26,4	9,18	48,48	15,39	18,56	3,8	20,78
Micronutrientes						
B	Cu	Fe	Mn	Zn	C	Umidade

.....mg kg ⁻¹					g dm ⁻³	%
13,3	890,9	3814,1	559	745	5,43	12,2

Tabela 1. Teores de macro e micronutrientes da cama de frango.

Foram acopladas ao fundo das garrafas contendo o solo mais 56 garrafas plásticas de 500 mililitros (Figura 2), que serviram de recipiente coletor do percolado. As características físicas do solo utilizado são apresentadas na Tabela 2.

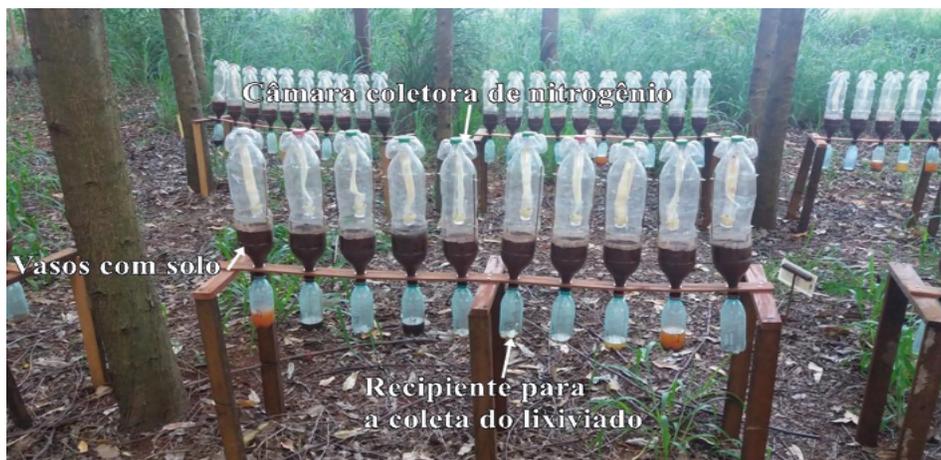


Figura 2. Vasos com solo, câmara coletora de nitrogênio volatilizado e recipiente para a coleta do lixiviado.

Solo		Macronutrientes							
LVD	pH	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H+Al	K	PMel	S
Prof	Cmolc dm ³								mg dm ³
0-20 cm	6,5	5,37	4,09	1,28	0,06	1,08	24	28,23	6,8
Micronutrientes									
	B	Fe	Mn	Zn	Co	Na	Cu	M.Org	
	mg dm ³								g dm ⁻³
0-20 cm	0,2	50,92	39,28	1,14	0,08	3,28	0,04	21,88	

Tabela 2. Teores de macro e micronutrientes do solo.

Adotou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com quatro repetições nas doses de 0, 5, 10, 20, 40, 80 e 160 t ha⁻¹ de cama de frango (CF) com e sem a adição do inibidor uréase, *Agrotain Plus* (AP) na quantidade de 14 kg ha⁻¹. Por meio da irrigação, foi

aplicado o inibidor de uréase em cada um dos vasos na porção de 0,05 g que corresponde a 14 kg ha⁻¹ após receberem as respectivas doses de cama de frango.

Para a análise do N volatilizado foi inserido no centro do coletor uma espuma de polietileno de 25x2,5x0,5 cm, umedecida em 15 ml de solução de 2% de glicerina (C₃H₈O₃) e 5,5% de ácido sulfúrico (H₂SO₄) diluído em água destilada afim de reter o N-NH₃ volatilizado (ARAÚJO et al. 2006).

Para coletar o composto lixiviado, foi acoplada ao fundo de cada vaso uma garrafa PET de 500 mililitros que serviu de depósito do líquido percolado durante sete dias. Após a instalação, iniciou-se o processo de irrigação do experimento, utilizou-se água do poço da Universidade de Rio Verde, cujas características estão expostas na Tabela 3. A irrigação foi realizada em intervalos de dois dias, com 100 ml de água por vaso, correspondendo a aproximadamente 5 mm diários.

Características Químicas	Concentração
pH	7,00
Condutividade Elétrica ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	142,0
DQO (Mg L ⁻¹ de CaCO ₃)	39
DBO5 (mg L ⁻¹ de O ₂)	23,40
Nitrogênio Total (mg L ⁻¹ de N)	0,18
Nitrogênio Amoniacal (mg L ⁻¹ de NH ₄)	0,04
Fósforo (mg L ⁻¹ de P)	0,83

Tabela 3. Características químicas da água do poço da Universidade de Rio Verde utilizada na irrigação.

O experimento foi instalado no dia 31/03/2016 e as espumas foram trocadas e coletadas nos dias 07/04, 14/04, 21/04, tendo sido feita a última coleta no dia 28/04/2016. Após cada coleta, as amostras foram identificadas e levadas ao refrigerador com temperatura média de 5°C até o momento da análise no laboratório de solos pertencente à Universidade de Rio Verde. Procedimento semelhante ocorreu com a coleta do percolado, após cada coleta, os recipientes eram retirados, lavados e recolocados, repetindo o processo de identificação e armazenamento.

Para quantificar do N-NH₃ captado nas espumas, foram adicionados 15 ml de água destilada nas amostras, agitando a 220 RPM por 15 minutos. Em seguida, foi pesado e anotado o valor da massa total dos potes, do qual se retirou uma alíquota de 10 ml. Para determinar o N volatilizado, levou-se ao destilador de nitrogênio utilizando o método

semimicro Kjeldahl (SILVA, 2009).

Para determinar condutividade elétrica, pH e potássio, o líquido percolado foi filtrado utilizando o filtro azul 42. A condutividade elétrica do percolado foi determinada por o condutivímetro *Tec-4MP-Tecnal*, e para a determinação do pH foi utilizado o pHmetro *Bel Engineering*. E a análise de K foi realizada no Fotômetro de chama *DM-61 Digimed*.

Os dados referentes às características foram submetidos à análise estatística. Empregando a regressão por polinômios ortogonais para o fator dose de cama de frango, para os tipos de cama de frango com e sem *Agrotain Plus* o teste de comparação de média Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4 apresentam-se os resumos das análises de variâncias, os valores das análises de volatilização, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica e potássio das quatro amostragens realizadas entre os dias 31/03 e 28/04 em função da aplicação e da dose.

As aplicações de cama frango com adição de inibidor Agrotain Plus (AP) não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 4).

Quadrado Médio						
Volatilização						
FV	GL	1 sem	2 sem	3 sem	4 sem	Total
Dose	6	97,61**	7,39**	27,62**	0,21 ^{ns}	313,72**
Tratamento	1	4,91 ^{ns}	0,23 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,04 ^{ns}
CV (%)		32,96	32,85	26,29	94,44	19,15
Potencial Hidrogeniônico						
		1 sem	2 sem	3 sem	4 sem	Média
Dose	6	0,94**	0,383**	0,923**	0,13**	0,13**
Tratamento	1	0,94 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,054 ^{ns}
CV (%)		7,18	2,77	4,34	2,86	2,26
Condutividade Elétrica						
		1 sem	2 sem	3 sem	4 sem	Média
Dose	6	62,64**	53,66**	17,58**	5,69**	29,71**
Tratamento	1	46,97 ^{ns}	549,85 ^{ns}	17,85 ^{ns}	375,87 ^{ns}	181,67 ^{ns}
CV (%)		19,39	18,46	19,39	35,3	11,39
Potássio						
		1 sem	2 sem	3 sem	4 sem	Média
Dose	6	4,52**	4,84**	301,36**	191,99**	1,74**
Tratamento	1	12,47 ^{ns}	1,16 ^{ns}	9,94 ^{ns}	3,16 ^{ns}	142,75 ^{ns}

CV (%)	26,12	23,51	32,41	19,91	16,2
--------	-------	-------	-------	-------	------

**,* Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, (ns) não significativo pelo teste F.

Tabela 4. Análise de variância dos valores de volatilização, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica e potássio.

Em trabalho realizado por Scivittaro et al. (2008) observaram-se coeficientes de variações (CV) não maiores do que 15%. Contudo, em trabalho realizado por Cotin (2007), o maior CV observado foi de 25%. Na presente pesquisa, encontraram-se o CV mais elevado com valores de até 94,44%. E nas amostragens de volatilização do N, observou-se que apenas a última semana não apresentou diferenças significativas para as doses.

Já para os tipos de aplicações, sendo eles, cama frango (CF) com adição de inibidor *Agrotain Plus* (AP) e apenas cama de frango, observou-se que em nenhuma das amostragens ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, já em trabalho realizado por Neves (2015), encontrou-se diferenças significativas entre os tratamentos nos períodos que variaram de 10 a 20 dias, onde o AP foi eficiente na redução da volatilização do N, entretanto, na soma total dos dias do seu experimento (0 a 50 dias) não foram observadas diferenças significativas.

Na Figura 3 estão apresentados os valores de volatilização das quatro semanas de amostragem, em que se observa-se aumento da volatilização conforme o aumento das doses de cama de frango, atingindo 19,41 kg nas doses de 160 t ha⁻¹ durante o período estudado. Apenas na quarta amostragem não foram observadas diferenças entre as doses.

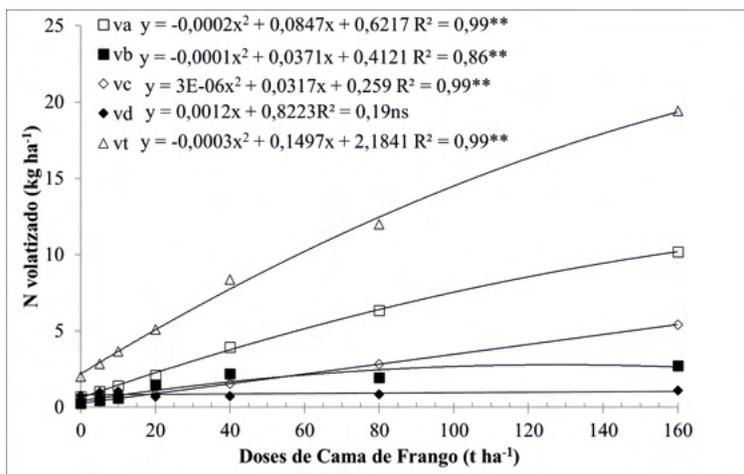


Figura 3. Valores das volatilizações das quatro semanas e a somatória representadas por vt, onde, va, vb, vc e vd, sendo as 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semanas, respectivamente.

As temperaturas registradas durante o experimento variaram de 9 °C a 35 °C, conforme é apresentado na Figura 4. No dia 28 de abril pode-se relacioná-la com as quedas dos valores de volatilização registrados nessa semana.

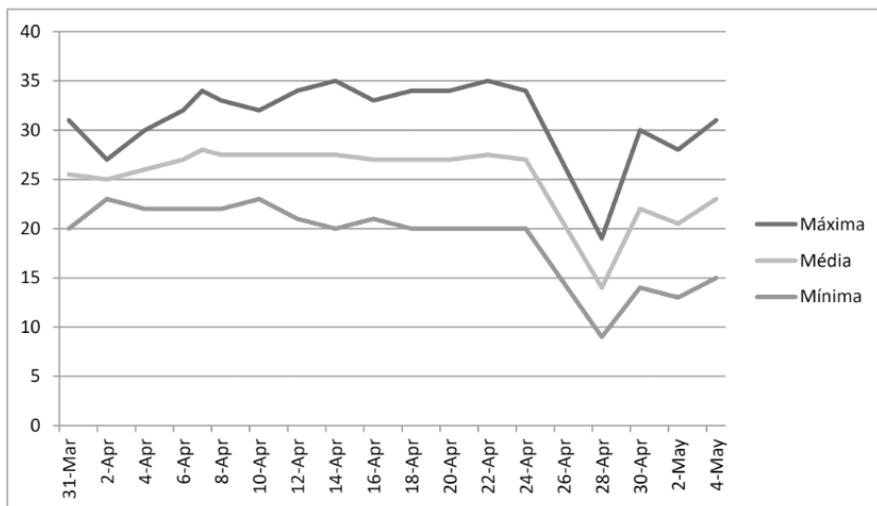


Figura 4. Temperatura máxima, mínima e média durante o experimento.

Lourenço (2013) afirma que as diversas condições climáticas afetam a volatilização da amônia, tal como a temperatura, a qual também atinge as atividades da uréase, pois se trata de uma enzima extracelular, provocando uma grande variação na taxa de hidrólise em diferentes tipos de solos e condições climáticas.

Em estudo, Yu et al. (2013) observaram que a taxa de volatilização do nitrogênio aumentou com progressão do nível de aplicação de fertilizantes nitrogenados em cultivares de arroz. Em comparação com outras etapas, a taxa e o montante acumulados de volatilização de amônia foram maiores após a aplicação de fertilizantes bases.

As leituras do pH do material percolado mostraram diferenças significativas apenas para as doses de cama de frango nas quatro amostragens (Figura 5). O pH do solo tem sido identificado como um dos principais fatores que influenciam volatilização de NH_3 durante a compostagem de resíduos orgânicos (PAGANS et al. 2006).

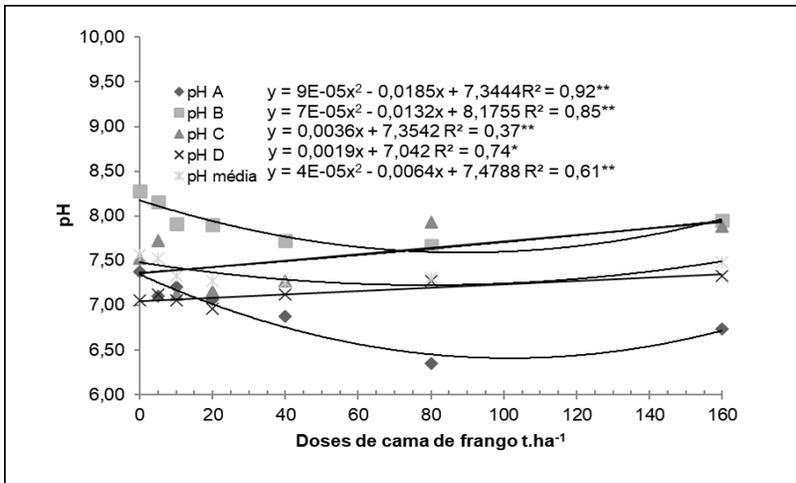


Figura 5. Valores de pH das quatro semanas e a somatória representadas por pH média, onde, pH A, pH B, pH C e pH D, equivale as 1ª, 2ª, 3ª e 4ª semanas, respectivamente.

Um dos principais fatores que contribui para o aumento de NH_3 volatilizado com o aumento das doses pode ser o aumento do pH do solo, que apresenta uma resposta com o aumento da taxa de aplicação da cama de frango (Figura 5). O pH do solo tem um grande efeito sobre emissões de NH_3 (SOMMER et al. 2003 e MATSUNAKA et al. 2008). Em uma solução pura a 25 ° C e pH 7,2, cerca de 1% do total de N amoniacal está na forma de NH_3 , e para cada unidade de pH, a proporção é aumentada dez vezes. Em solos, a presença de outros componentes e a capacidade de tamponamento do meio altere as constantes de equilíbrio (SOMMER et al. 2003 e SOGAARD et al. 2002) e perda substancial pode ocorrer a valores de pH ligeiramente superior a 7.

Na Figura 6 são demonstrados os valores de condutividade elétrica, os quais foram influenciados tanto pelas doses. Observa-se que quanto maior a dose, maior foi a CE, como também pelas semanas, conforme o aumento do tempo de lixiviação diminui a condutividade elétrica.

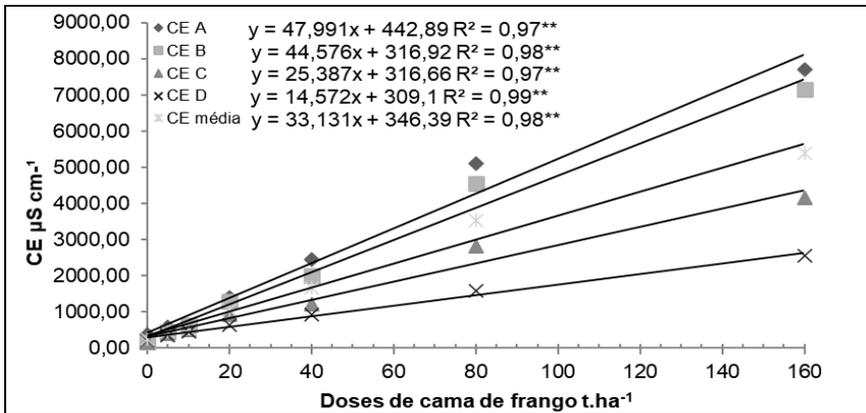


Figura 6. Valores da Condutividade Elétrica (CE) das quatro semanas e a média representadas por CE média, onde, CE A, CE B, CE C e CE D, sendo as 1ª, 2ª, 3ª e 4ª semanas, respectivamente.

Piovesan (2006) encontrou resultados em sua pesquisa onde os valores de Condutividade Elétrica (CE) apresentam aumento gradual, do menor para o maior, em relação a aplicação do esterco, onde ficou evidenciado que a CE foi influenciada pelo nitrogênio. Nesta pesquisa, observou-se que os índices de CE sofreram quedas sucessivas desde a primeira amostragem até a última, de acordo como diminuía-se a quantidade de nitrogênio disponível nas doses, o que pode ser observado na figura 6.

Na Figura 7, é possível observar que o maior tempo de exposição promoveu menor concentração de K. Entretanto, a maior aplicação de cama de frango promoveu diferença significativa nos teores de potássio.

Piovesan (2006) demonstrou em sua pesquisa que quanto maiores as doses, maiores seriam as perdas de Potássio (K), o que também foi observado por Cabral et al. (2011), onde os teores de potássio no solo diminuiram conforme ocorreu irrigação. Indo de encontro com o que foi encontrado nesta pesquisa.

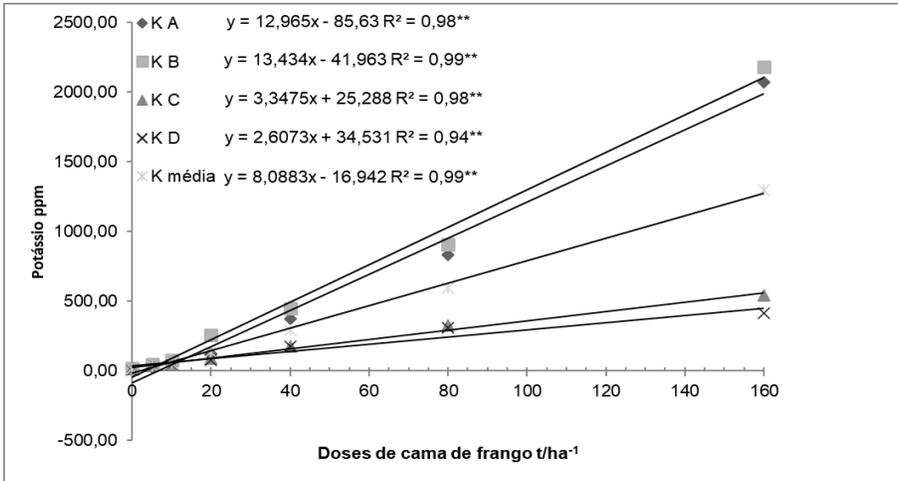


Figura 7. Valores de Potássio (K) das quatro semanas, e a média representadas por K média, onde, K A, K B, K C e K D, sendo as 1^a, 2^a, 3^a e 4^a semanas, respectivamente.

4 | CONCLUSÕES

O inibidor de uréase *Agrotain Plus* não proporcionou redução na quantidade de nitrogênio volatilizado nas condições estudadas, a aplicação de cama de frango promove alteração no pH do percolado, elevou a condutividade elétrica e os níveis de potássio.

REFERÊNCIAS

AGENCIA BRASIL. **Líder mundial, Brasil vende carne de frango para 150 países.** 2015. Disponível em: <http://agenciabrasil.etc.com.br/economia> Acesso em: 15 de março de 2016.

AITA, C.; BALEM, A.; PUJOL, S. B.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R.; GIACOMINI, D. A.; VARGAS, P. V.; GISCOMINI, S. J. **Redução na velocidade de nitrificação no solo após aplicação de cama de aviário com dicianodiamida.** Ciência Rural, Santa Maria, v.43, n.8, p.1387-1392, ago, 2013.

ARAÚJO, E. S.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. **Câmara coletora para quantificação do N-NH₃ volatilizado do solo.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 87). p. 4. 2006.

CABRAL, J. R.; DE FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; MUNIZ, A. S.; BERTONHA, A. **Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.8, p.823–831, 2011.

COTIN, T. L. M. **Ureia tratada com inibidor da uréase NBPT na adubação de cana de açúcar colhida sem despalha a fogo.** 2007. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo de Campinas, 2007.

FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0.** In: 45a Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. São Carlos: UFSCar, Julho de 2000 p.255-258.

LOURENÇO, K. S. **Reações do nitrogênio no solo decorrentes da aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais.** 2013. 92f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013

MARTINELLI, L. A. **Os caminhos do nitrogênio – Do fertilizante ao poluente.** 2007. Conferência N2007 – Informações Agronômicas Nº 118 – Junho, 2007.

MATSUNAKA, T.; SENTOKU, A.; MORI, K.; SATOH, S. **Ammonia volatilization factors following the surface application of dairy cattle slurry to grassland in Japan: results from pot and field experiments.** Soil Science Plant Nutrition. v. 54, p.627–637. 2008.

MOTTIN, M, C.; RICHART, A.; SEIDEL, E, P.; ALVES, A, L.; SOSTISSO, H. **Interferência do manejo da cama de aviário na liberação de nitrogênio para o solo.** Journal of Agronomic Sciences, Umuarama, v.4, n.2, p.158-171, 2015.

MUELLER, S.; WAMSER, A. F.; SUZUKI, A.; BECKER, W. F. **Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais.** Horticultura Brasileira, v.31, n.1, p.86-92, 2013.

NEVES, L, A. **Uso da cama de frango e inibidor uréase na cultura do eucalipto em solosdo cerrado.** Dissertação (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade de RioVerde, 2015.

PAGANS, E.; BARRENA, R.; FONT, X.; SANCHEZ, A. **Ammonia emissions from the composting of different organic wastes.** Dependency on process temperature. Chemosphere, v. 62, p. 1534-1542, 2006.

PIOVESAN, R. P. **Perdas de nutrientes via subsuperfície em colunas de solo sob adubação mineral e orgânica.** Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal do Paraná, 2006.

YU, Q. G.; JING, Y. E.; YANG, S. N.; FU, J. R.; SUN, W. C.; JIANG, L. N.; QIANG, W. A. N. G. **Effects of nitrogen application level on rice nutrient uptake and ammoniavolatilization.** Rice Science, v. 20, n.2, p.139-147.2013.

SCIVITTARO, W. B.; GONÇALVES, D. R. N.; BRAUN, J. R. N.; DO VALE, M. L. C. **Uso do inibidor tiosfato de N-n-butiltriamida em cultivo de arroz irrigado.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, nº 72, Embrapa, 2008.

SILVA, F. C. **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília:Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 627. 2009.

SOGAARD, H. T.; SOMMER, S. G.; HUTCHINGS, N. J.; HUIJSMANS, J. F. M.; BUSSINK, D. W.; NICHOLSON, F. **Ammonia volatilization from field-applied animal slurry – the ALFAM model.** Atmospheric Environment. v. 36, p. 3309–3319. 2002.

SOMMER, S. G.; GÉNERMONT, S.; CELLIER, P.; HUTCHINGS, N. J.; OLESEN, J.E.; MORVAN, T. **Processes controlling ammonia emission from livestock slurry in the field.** European Journal of Agronomy. v 19, p. 465–486.2003.

CAPÍTULO 4

INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE LUMINOSA NO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE GIRASSOL, MILHO, SOJA E SORGO

Data de aceite: 21/09/2021

Fábio Santos Matos

Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri, Goiás.
<http://lattes.cnpq.br/0258329188698317>

Larissa Pacheco Borges

Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri, Goiás.
<http://lattes.cnpq.br/8401489523514378>

Bruno Teixeira Guimarães

Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri, Goiás.
<http://lattes.cnpq.br/5864009703466224>

Flavielli Porto da Silva

Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri, Goiás.
<http://lattes.cnpq.br/7579959435589274>

Brunno Nunes Furtado

Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri, Goiás.
<http://lattes.cnpq.br/9323874136354501>

Nathália Carvalho Cardoso

Universidade Estadual de Goiás, unidade de Ipameri, Goiás.
<http://lattes.cnpq.br/3976862277188806>

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo identificar o efeito de diferentes intensidades luminosas no crescimento de plantas de girassol, milho, soja e sorgo. O experimento foi conduzido

em tubetes de 270 cm³ preenchidos com substrato composto por solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5 respectivamente na cidade de Ipameri, Goiás. No 1º dia após a emergência as plantas foram acondicionadas em dois ambientes: 70% de sombreamento e a pleno sol com três repetições e parcela de uma planta. O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3 com quatro diferentes espécies em dois ambientes luminosos. As plantas foram irrigadas diariamente e as avaliações ocorreram aos 15 dias após imposição dos tratamentos. O sombreamento com limitação de 70% de radiação solar interfere significativamente no desenvolvimento de plantas de girassol, soja, sorgo e milho através de alterações nas variáveis de crescimento. Apesar do curto período sob limitação luminosa (15 dias), as plantas apresentaram claros ajustes morfofisiológicos para aclimatar-se. O sorgo, planta C₄, foi a espécie mais sensível ao sombreamento com reduzida biomassa e área foliar.

PALAVRAS - CHAVE: Radiação solar, plasticidade fenotípica, fotossíntese.

INFLUENCE OF LIGHT INTENSITY ON THE GROWTH OF SUNFLOWER, CORN, SOYBEAN AND SORGHUM PLANTS

ABSTRACT: This study aimed to identify the effect of different light intensities on the growth of sunflower, corn, soybean and sorghum plants. The experiment was carried out in tubes of 270 cm³ filled with substrate composed of soil, sand and manure in the proportion of 3:1:0.5 respectively in the city of Ipameri, Goiás. On the 1st day after

emergence, the plants were placed in two environments: 70% shading and full sun with three replications and one plant plot. The experiment followed a completely randomized design in a 4 x 3 factorial scheme with four different species in two luminous environments. The plants were irrigated daily and evaluations took place 15 days after the imposition of treatments. Shading with a limitation of 70% of solar radiation significantly interferes in the development of sunflower, soybean, sorghum and corn plants through changes in growth variables. Despite the short period under light limitation (15 days), the plants showed clear morphophysiological adjustments for acclimatization. Sorghum, plant C₄, was the most sensitive species to shading with reduced biomass and leaf area.

KEYWORDS: Solar radiation, phenotypic plasticity, photosynthesis.

1 | INTRODUÇÃO

A luz é um fator ambiental de destaque para o crescimento vegetal e obtenção de altas produtividades. As variações nas condições de intensidade, duração, periodicidade e qualidade da luz tem efeitos diferentes no crescimento e desenvolvimento de plantas (BAEZA et al., 2018). A variação no ângulo de incidência da radiação solar, causada pela alteração da declinação solar, faz variar a quantidade de radiação que chega à superfície pela alteração no fluxo de energia incidente sobre cada unidade de superfície e pela variação na duração dos dias (CHANG, 1974; TAIZ et al., 2017).

A folha é o órgão de recepção do estímulo luminoso e as clorofilas *a* e *b* são os principais pigmentos fotossintéticos de absorção de energia luminosa. Os carotenoides são pigmentos acessórios na absorção de energia luminosa e possuem uma segunda função de fotoproteção do aparato fotossintético contra danos oriundos do excesso de luz (MATOS et al., 2019; TAIZ et al., 2017). A radiação na faixa de 700 a 800 nm localizada na faixa do visível representa a radiação fotossinteticamente ativa (RFA). De toda radiação incidente na superfície terrestre, cerca de 45% a 50% é RFA de importância para a fotossíntese (TAIZ et al., 2017).

A luz fornece energia para a fotossíntese e também é um sinal ambiental que desencadeia inúmeros processos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos nos vegetais. As plantas C₃ e C₄ apresentam marcantes diferenças quanto ao desenvolvimento sob elevadas e reduzidas disponibilidades de radiação solar. As plantas C₃ saturam com 1/3 da irradiância máxima enquanto as plantas C₄ não saturam com a radiação disponível na superfície terrestre. Sob limitação de luz as plantas C₄ apresentam maior limitação do crescimento pela fotossíntese mais custosa energeticamente (MATOS et al., 2019).

As alterações na intensidade luminosa promovem modificações nas variáveis de crescimento como altura, diâmetro do caule, área foliar, comprimento do sistema radicular e no percentual de biomassa particionado para a parte aérea e sistema radicular, pois a luz é fonte de energia para a fotossíntese e a variação na disponibilidade resulta em alteração da produção de assimilados e acúmulo de biomassa pela planta (MATOS et al., 2019)

O presente estudo teve como objetivo identificar o efeito de diferentes intensidades

luminosas no crescimento de plantas de girassol, milho, soja e sorgo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em tubetes de 270 cm³ na cidade de Ipameri (Lat. 17° 42' S, Long. 48° 08' W, Alt. 773 m). A condição climática é tropical com inverno seco e verão úmido (Aw), com temperatura média de 20 °C. As sementes de girassol, milho, soja e sorgo foram semeadas em tubetes de 270 cm³ preenchidos com substrato composto por solo, areia e esterco na proporção de 3:1:0,5 respectivamente. No 1° dia após a emergência as plantas foram acondicionadas em dois ambientes: 70% de sombreamento e a pleno sol com três repetições e parcela de uma planta.

O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3 com quatro diferentes espécies em dois ambientes luminosos. As plantas foram irrigadas diariamente e as avaliações ocorreram aos 15 dias após imposição dos tratamentos.

2.1 Variáveis de crescimento

A altura de planta foi mensurada a partir da região de transição da raiz com o caule na base da planta rente ao solo (colete) até o ápice do caule utilizando régua milimétrica. O número de folhas será obtido por contagem e o comprimento da raiz foi mensurado com régua milimetrada do colete até o ápice do sistema radicular.

Para obtenção da área foliar específica (AFE) foram retiradas todas as folhas e mensurada a área foliar, posteriormente foram secas em estufa a 70°C por 72 h para determinação da massa seca e posteriormente foi feito o cálculo da AFE seguindo equação proposta por Radford (2013).

A área foliar foi determinada com auxílio do equipamento LI-3100 Área Meter, LICOR, USA expressando em (cm²). As análises destrutivas foram realizadas com raízes, caule e folhas destacados, separados e colocados para secar em estufa a 72 °C por 72 h até atingir massa seca constante e, em seguida, pesados separadamente. Com os dados de massa seca calculou-se a biomassa total somando-se as massas de todas as partes da planta e as razões de massa foliar (RMF), caulinar (RMC) e radicular (RMR) dividindo-se a massa do órgão específico pela biomassa total.

A análise estatística foi feita pelo software R (R CORE TEAM, 2021), aplicando as seguintes análises: análise de variância e teste de média Newman-Keuls a 5 % de probabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância e teste de média para as variáveis com ausência de interação significativa são mostrados na Tabela 1.

O número de folhas, comprimento de raiz e razão de massa radicular não diferiram em relação ao ambiente luminoso, no entanto, a altura de planta foi 16,2% superior nas plantas sombreadas em relação às cultivadas em pleno sol (Tabela 1). O maior desenvolvimento em altura é típico de plantas sombreadas em que o alongamento do caule é intensificado em função do fototropismo positivo estimulado pela luz vermelho distante absorvida pelo fitocromo Fv reversível a Fve. Segundo Matos et al. (2019) o maior alongamento do caule é típico de plantas sombreadas em busca da luz.

As variações ocorrentes entre girassol, milho, soja e sorgo referem-se as especificidades de cada material genético e a diferença no metabolismo vegetal, pois enquanto milho e sorgo (plantas C₄) investem maior percentual de biomassa em raiz, soja e girassol (plantas C₃) apresentam maior número de folhas.

Quadrados Médios					
Fonte de Variação	GL	Altura (cm)	NF	Craiz (cm)	RMR (%)
Espécies (Esp)	3	73,9 ^{**}	34,1 ^{**}	1,7 ^{ns}	11936,4 ^{**}
Radiação (Rad)	1	130,6 ^{**}	0,51 ^{ns}	3,2 ^{ns}	0,7 ^{ns}
Esp*Rad	3	34,4 ^{ns}	0,17 ^{ns}	9,5 ^{ns}	584,9 ^{ns}
Resíduo	16	10,8	0,44	4,2	635,5
CV (%)		12,3	8,6	11,9	29,6
Teste de média para espécies					
Girassol		26,2 ab	6,6 bc	16,6 a	48,3 b
Milho		22,2 b	7,0 b	17,8 a	148,6 a
Soja		28,0 a	11,2 a	17,7 a	61,2 b
Sorgo		30,5 a	6,0 c	17,3 a	81,4 b
Teste de média para radiação					
Luz		24,3 b	7,8 a	17,7 a	84,6 a
Sombra		29,0 a	7,5 a	17,0 a	85,1 a

^{**} Significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente. Média seguidas de mesma letra dentro da mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

Tabela 1. Análise de variância e teste de média para altura, número de folhas (NF), comprimento de raiz (Craiz) e razão de massa radicular (RMR) de plantas de girassol, milho, soja e sorgo submetidas a diferentes intensidades luminosas.

O resumo da análise de variância e teste de média para as variáveis com interação significativa: biomassa e razão de área foliar é mostrado na Tabela 2.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Biomassa (g)		RMF (%)	
Espécies (Esp)	3	0,45 ^{**}		385,5 ^{**}	
Radiação (Rad)	1	0,12 ^{**}		250,7 ^{**}	
Esp*Rad	3	0,24 ^{**}		175,9 ^{**}	
Resíduo	16	0,83		32,5	
CV (%)		22,7		17,7	
Tratamento		Sol	Sombra	Sol	Sombra
Girassol		1,1 Aa	1,4 Aa	25,4 ABa	25,8 Ca
Soja		1,3 Aa	0,9 Bb	21,3 Bb	38,1 Ba
Sorgo		0,9 Aa	0,3 Cb	36,6 Ab	51,0 Aa
Milho		1,1 Aa	1,2 ABa	26,5 ABa	26,5 Ca

^{**} Significativo a 5% e 1% de probabilidade respectivamente. Média seguidas de mesma letra maiúscula dentro da mesma coluna e mesma letra minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Newman-Keuls.

Tabela 2. Análise de variância e teste de média para as variáveis com interação significativa biomassa e razão de massa foliar (RMF) de plantas de girassol, milho, soja e sorgo submetidas a diferentes intensidades luminosas.

Em ambiente sombreado o sorgo foi a espécie com menor crescimento, apresentando biomassa muito inferior aos demais materiais enquanto o girassol exibiu a maior biomassa. Segundo Matos et al. (2011) em condição de sombreado o crescimento é prejudicado pela limitação da energia desencadeadora da fotossíntese. No presente estudo observa-se que o girassol, planta C₃, com fotossíntese que demanda menos energia, apresentou maior crescimento que o sorgo, espécie C₄, com fotossíntese que demanda mais energia e, portanto, depende de maior incidência solar para obtenção de altas taxas fotossintéticas.

A pleno sol as plantas C₄ apresentaram maior razão de massa foliar em relação às plantas C₃, no entanto, sob sombreado a resposta não seguiu o mesmo padrão, ocorrendo variações específicas com incremento de razão de massa foliar nas plantas de soja e sorgo.

O resumo da análise de variância e teste de média para as variáveis com interação significativa é mostrado na Tabela 3.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		RMC (%)	Área foliar (cm ²)	AFE (m ² kg ⁻¹)
Espécies (Esp)	3	235,2 ^{**}	4806,7 ^{**}	369,3 ^{**}
Radiação (Rad)	1	0,3 ^{ns}	600,2 ^{**}	526,9 ^{**}
Esp*Rad	3	49,1 [*]	1369,7 ^{**}	253,5 ^{**}

Resíduo	16	12,3	82,5	39,4			
CV (%)		17,5	7,2	14,5			
Tratamento		Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra
Girassol		29,6 Aa	23,6 Aa	95,4 Ca	110,7 Ca	37,3 Aa	29,7 Ca
Soja		18,7 Ba	26,2 Ab	102,0 Cb	140,0 Ba	37,1 Aa	43,6 Ba
Sorgo		18,5 Ba	20,1 Aa	131,0 Ba	98,1 Cb	41,5 Ab	58,3 Aa
Milho		12,9 Ba	10,7 Ba	157,8 Ab	177,2 Aa	38,4 Ab	60,2 Aa

Estadística semelhante a tabela 2.

Tabela 3. Análise de variância e teste de média para as variáveis com interação significativa razão de massa caulinar e área foliar específica (AFE) de plantas de girassol, milho, soja e sorgo submetidas a diferentes intensidades luminosas.

De maneira geral, a razão de massa caulinar foi inferior em plantas a pleno sol em relação às sombreadas, pois a pleno sol a predominância de luz nas bandas do azul e vermelho são inibidores do alongamento do caule, enquanto sob sombreamento a luz na banda do vermelho distante é indutora do alongamento do caule. Com exceção do sorgo, todas as demais espécies apresentaram maior área foliar quando estiveram sombreadas. Esta resposta é típica de plantas sob limitação de luz em que ocorre intenso investimento em ampliação da captação de energia luminosa por meio do intenso crescimento da folha.

A pleno sol não houve diferenças na área foliar específica (AFE), no entanto, sob sombreamento ocorreu alterações morfológicas, principalmente nas plantas C₄ sorgo e milho. Estas duas espécies apresentaram acentuado aumento da AFE quando as plantas foram levadas a condição de sombreamento. O aumento da AFE está relacionado com a menor espessura foliar e conseqüentemente incremento da transmitância de luz para o interior das plantas (folhas baixas).

Segundo Borges et al. (2014) a maior AFE está estreitamente relacionada com o incremento do crescimento e produtividade de grãos. A necessidade de ajuste morfológico, mesmo em tempo curto de exposição ao sombreamento (15 dias) demonstra a existência de importante plasticidade nas espécies estudadas, mas deixa evidente a sensibilidade de plantas C₄ a limitação de luz. Esta alta sensibilidade ao sombreamento é mais acentuada na planta de sorgo que apresentou baixa biomassa, reduzida área foliar e ajuste da AFE sob limitação de luz.

4 | CONCLUSÕES

O sombreamento com limitação de 70% de radiação solar interfere significativamente no desenvolvimento de plantas de girassol, soja, sorgo e milho através de alterações nas variáveis de crescimento. Apesar do curto período sob limitação luminosa (15 dias), as plantas apresentaram claros ajustes morfofisiológicos para aclimatar-se. O sorgo, planta C₄, foi a espécie mais sensível ao sombreamento com reduzida biomassa e área foliar.

REFERÊNCIAS

BAEZA, E., DOBBELSTEEN, A., TSAFARAS, I. & STANGHELLINI, C. **Plant factories versus greenhouses: Comparison of resource use efficiency**. *Agricultural Systems*, v.160, p.31–43, 2018.

BORGES, L. P.; TORRES JUNIOR, H. D.; NEVES, T. G.; CRUVINEL, C. K. L.; SANTOS, P. G. F.; MATOS, F. S. **Does Benzyladenine Application Increase Soybean Productivity**. *African Journal of Agricultural Research*. v. 9, n. 37, p. 2799-2804, 2014.

CHANG, J. H. **Climate and agriculture and ecological survey**. Chicado: Transactions Publishers. 1974. 304p.

MATOS, F.S.; BORGES, L. P.; AMARO, C. L.; DE OLIVEIRA, D. B.; DO CARMO, M. S.; TORRES JUNIOR, H. D. **Folha Seca: Introdução à Fisiologia Vegetal**. 1ª ed. Curitiba, PR: Appris, 2019. 189 p.

MATOS, F. S.; GAMBOA, I.; RIBEIRO, R. P.; MAYER, M. L.; NEVES, T. G.; LEONARDO, B. R. L.; DE SOUZA, A. C. **Influência da intensidade luminosa no desenvolvimento de mudas de *Jatropha curcas* L.** *Revista Agrarian*, v.4, n.14, p.265-272, 2011.

R CORE TEAM, R: **A language and environment for statistical computing**, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, Disponível em: <http://www.R-project.org/>, Acesso em: 15 de junho de 2021.

RADFORD, P. J. **Growth analysis formulae: their use and abuse**. In: NAKAZONO, E. M.; COSTA, M. C.; FUTATSUGI, K.; PAULILO, M. T. S. Análise comparativa de crescimento entre genótipos de pimenta cultivados em casa de vegetação. *Bioscience Journal*, v. 29, n. 1, p. 125-131, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 858p.

CAPÍTULO 5

POTENCIAL DE *POCHONIA* SPP. PARA PRODUÇÃO DE INOCULANTES

Data de aceite: 21/09/2021

Data de submissão: 03/08/2021

Flávia Luane Gomes

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/6868051909051202>

Aloísio Freitas Chagas Junior

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/9286795171322846>

Manuella Costa Sousa

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/0256046793020150>

Albert Lennon Lima Martins

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi -TO
<http://lattes.cnpq.br/6846570980484580>

Kellen Ângela O. de Sousa

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi -TO
<http://lattes.cnpq.br/5604850625107241>

Celso Afonso Lima

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/0782819751659217>

Gabriel Soares Nobrega

Universidade Federal do Tocantins UFT,
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/0870938234878939>

Lillian França Borges Chagas

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/6412767227344500>

Gessiel Newton Scheidt

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/6662648331555347>

Marcos Giongo

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/5712134838373036>

RESUMO: A agricultura é um setor econômico que influencia de forma significativa o desenvolvimento de um país e uma prática produtiva indispensável para a produção de alimentos. O estudo de alternativas que otimizem a agricultura de forma sustentável é essencial. Os inoculantes agrícolas são produtos contendo microrganismos benéficos para as plantas. O fungo *Pochonia* spp. possui potencial para o desenvolvimento de inoculante, visto que é um parasita de ovos e fêmeas de espécies de fitonematoides, sendo, portanto, muito utilizado para o controle biológico de fitonematoides dos gêneros *Heterodera* e *Meloidogyne*. Diversos mecanismos de interação entre *Pochonia* e fitonematoides já foram elucidados. Outra aplicação que recentemente vem sendo muito estudada é a utilização de *Pochonia* para promoção de crescimento vegetal, que já foi relatada em culturas como a soja e alface. Para a produção industrial de um inoculante a base de

Pochonia, a formulação de um meio de cultura viável é um dos maiores desafios, sendo necessário um estudo detalhado sobre nutrição microbiana. Este artigo de revisão descreve a taxonomia de *Pochonia*, suas aplicações na agricultura e explora uma perspectiva de formulação de um meio de cultura alternativo que atenda às exigências nutricionais do fungo. **PALAVRAS-CHAVE:** Biocontrole, fermentação, crescimento vegetal, fitonematoides, agricultura.

POTENTIAL OF *POCHONIA* SPP. FOR THE PRODUCTION OF INOCULANTS

ABSTRACT: Agriculture is an economic sector that significantly influences a country's development and an indispensable productive practice for food production. The study of alternatives that optimize agriculture in a sustainable way is essential. Agricultural inoculants are products containing beneficial microorganisms for plants. The fungus *Pochonia* spp. it has the potential for the development of inoculants, since it is a parasite of eggs and females of species of phytonematodes, being, therefore, widely used for the biological control of phytonematodes of the genera *Heterodera* and *Meloidogyne*. Several mechanisms of interaction between *Pochonia* and phytonematoids have been elucidated. Another application that has recently been widely studied is the use of *Pochonia* to promote plant growth, which has already been reported in crops such as soy and lettuce. For the industrial production of an inoculum based on *Pochonia*, the formulation of a viable culture medium is one of the greatest challenges, requiring a detailed study on microbial nutrition. This review article describes the taxonomy of *Pochonia*, its applications in agriculture and explores a perspective of formulating an alternative culture medium that meets the nutritional requirements of the fungus.

KEYWORDS: Biocontrol, fermentation, plant growth, phytonematoids, agriculture.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o país com maior potencial agrícola no mundo (BUONAFINA, 2017). Diante da importância da agricultura no país, vários produtores fazem uso de produtos químicos devido à deficiência nutricional do solo de algumas regiões e doenças causadas por patógenos, porém estas práticas podem ser prejudiciais ao meio ambiente, fazendo-se necessário buscar por alternativas sustentáveis (TEIXEIRA et al., 2011).

A utilização de microrganismos benéficos em grandes commodities agrícolas vem ganhando espaço no Brasil. Com a intensificação dos problemas encontrados no campo e de quebra de resistência de produtos químicos, o uso de microrganismos na agricultura está apresentando bons resultados e está tornando-se alvo de grandes empresas que atuam com microrganismos para o controle biológico e promotores de crescimento vegetal (SILVA et al., 2020).

Os inoculantes são substâncias que contém microrganismos viáveis que favorecem o desenvolvimento vegetal, a maioria são constituídos por bactérias que realizam a fixação biológica de nitrogênio (VIVANCO-CALIXTO et al., 2016).

A influência de microrganismos sobre o desenvolvimento das plantas é ampla, incluindo os efeitos benéficos na germinação de sementes, emergência de plântulas,

crescimento e produtividade de grãos, como observado com o fungo *Pochonia chlamydosporia* como promotor de crescimento vegetal e biocontrole (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2015; HIDALGO-DÍAZ et al., 2017; SILVA et al., 2017).

O fungo *Pochonia* spp. Zare & Gams (sin. *Verticillium chlamydosporium*) é um parasita facultativo de ovos e fêmeas dos nematoides formadores de galhas (*Meloidogyne* spp.) e de cistos (*Heterodera* spp.) amplamente distribuído em todo o mundo e um dos fungos mais estudados para controle de nematoide em diversas culturas (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2011; DIAS et al., 2016; SILVA et al., 2017; BOMTEMPO et al., 2017). Além de promover o controle dos fitonematoides foi observado estímulos nas características agrônômicas como aumento de massa de fruto além de maximizar o rendimento da cultura de tomateiro mostrando o potencial do fungo em promover o crescimento vegetativo e melhorando as características de interesse agrícola (CASTILLO et al., 2015), podendo ser utilizado na formulação de inoculantes (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2015, HERNÁNDEZ; DÍAZ, 2008).

Deste modo o presente trabalho visou explorar dados literários referentes ao fungo *Pochonia* spp. a fim de elucidar sua natureza, taxonomia e estudos mais relevantes sobre sua aplicação na agricultura.

2 | TAXONOMIA E MORFOLOGIA

O gênero *Pochonia* foi descrito em 1965 quando micologistas brasileiros isolaram a espécie *Pochonia humicola* de solo do nordeste do Brasil (BATISTA; FONSCCECA, 1965). A taxonomia do fungo havia sido descrita muito antes, porém atribuída ao gênero *Verticillium* sob o nome de *Verticillium chlamydosporium*, em 2001 o fungo *V. chlamydosporium* tornou-se do gênero *Pochonia* e foi renomeado à *Pochonia chlamydosporia* com base em estudos de morfologia e genética molecular (ZARE et al., 2001).

Atualmente, o gênero *Pochonia* compreende uma única espécie dividida em cinco variedades, são elas: *chlamydosporia*, *catenulata*, *ellipsospora*, *spinulospora* e *mexicana*. As espécies semelhantes à *Pochonia* que foram inicialmente acomodados a este gênero, atualmente pertencem a um novo gênero denominado *Metapochonia* (EVANS; KIRK, 2017).

Pochonia spp. se reproduz de forma assexuada ou sexuada. Na Tabela 1 são descritos a classificação taxonômica detalhada de *P. chlamydosporia* conforme sua reprodução.

Classificação	Sexuada	Assexuada
Reino	Fungi	Fungi
Filo	Ascomycota	Deuteromycota
Classe	Ascomycetes	Hyphomycetes
Ordem	Hypocreales	Moniales
Família	Clavicipitaceae	Moniliaceae
Gênero	<i>Metacordyceps</i>	<i>Pochonia</i>
Espécie	<i>Metacordyceps chlamydosporia</i>	<i>Pochonia chlamydosporia</i>
Variedade	-	<i>Pochonia chlamydosporia</i> var. <i>chlamydosporia</i>

Tabela 1. Taxonomia de *P. chlamydosporia* (ZARE et al., 2001).

A reprodução assexuada de *Pochonia* acontece por meio de conídios ou clamidósporos, sendo o primeiro caracterizado por sua estrutura unicelular de fácil propagação e a segunda por serem estruturas multicelulares, resistentes e que mantém sua viabilidade por longo tempo em condições ambientais não favoráveis à sua germinação, sendo preferencialmente utilizados como fonte de inóculo (KERRY; BOURNE, 2002).

As hifas de *Pochonia* são septadas, hialinas, com micélio aéreo fino, possuem coloração branca no início do cultivo e adquire cor bege ao decorrer da produção de clamidósporos, em meio ágar extrato de malte (MEA) as colônias do fungo atingem entre 20 a 38 mm em 10 dias de incubação (ZARE et al., 2001).

As estruturas microscópicas dos isolados apresentaram-se com presença de clamidósporos, fiálide fina e alongada, conídios em formato ovoides em aglomerados e micélios aéreos (NAGESH et al., 2007) (Figura 1).

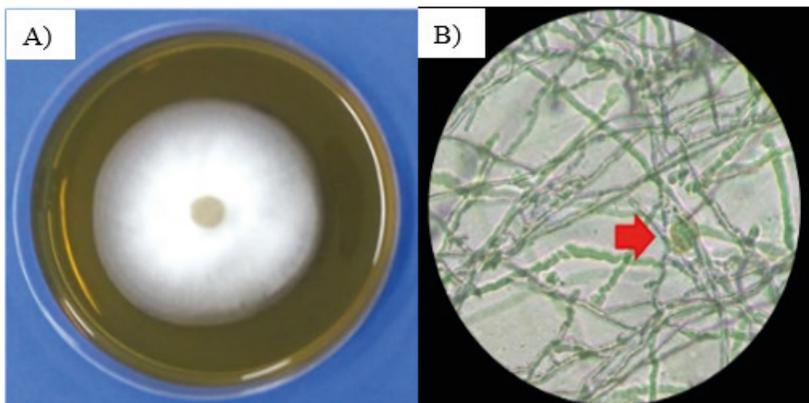


Figura 1. Características morfológicas de *Pochonia* em MEA. A) Morfologia macroscópica, B) Morfologia microscópica (aumento 400x). A seta em vermelho destaca a presença de clamidósporo.
Fonte: Autora

É um fungo saprófita, anamórfico, endófito e parasita de ovos e fêmeas de espécies de fitonematoides (GHAHREMANI et al., 2019).

3 I ANTAGONISMO DE FITONEMATOIDES

Os fitonematoides são organismos vermiformes com comprimento entre 0,2 a 3,0 mm que habitam o solo e sua principal fonte de nutrientes são as raízes das plantas, onde parasitam e causam doenças. As perdas causadas por nematoides em países tropicais e subtropicais são difíceis de serem estimadas, principalmente porque nestas regiões o clima favorece a reprodução destes organismos (CHARCHAR, 1999).

Os nematoides mais populares são os que constituem o gênero *Meloidogyne* e *Globodera*, o primeiro constitui espécies conhecidas como nematoide das galhas e são parasitas de raízes e caules, os nematoides do gênero *Globodera* despertam grande preocupação, pois possuem a capacidade de permanecerem viáveis no solo na forma de cistos por longos períodos, por isso são popularmente conhecidos como nematoide dos cistos (PINHEIRO et al., 2015).

Outras espécies de importância econômica são: *Pratylenchus* (nematoide de lesões necróticas), *Dithylenchus* (nematóide da haste e bulbo) e *Scutellonema* (nematóide da casca preta) (RAMIREZ et al., 2021).

O ciclo de vida dos nematoides varia de acordo com a espécie, mas em geral o ciclo básico compreende a fase do ovo, seguido de quatro estágios juvenis (J1, J2, J3 e J4) havendo a troca de tegumento entre os estágios, e finalmente a fase adulta (WHARTON, 2011).

3.1 Interações fungo-nematoide

Acredita-se que enzimas extracelulares secretadas pelo fungo desempenham papel fundamental no rompimento da casca dos ovos de nematoides e colonização do corpo do juvenil. A enzima protease VCP1, foi extraída e purificada de *P. chlamydosporia* e observou-se que é capaz de remover o revestimento proteico da casca de ovos de *Meloidogyne* (SEGERS et al., 1996), enzimas quitinase produzidas por *P. chlamydosporia* também apresentaram antagonismo contra ovos de nematoides (TIKHONOV et al., 2002).

As enzimas protease e quitinase são importantes para romper a casca dos ovos de nematoides que são compostas por uma camada vitelina proteica externa, uma camada de quitina, uma matriz proteica embebida em microfibrilas de quitina e uma camada lipídica interna (BIRD; MCCLURE, 1976).

As serinas proteases são as enzimas protease mais codificadas pelo genoma de *Pochonia*. Em *P. chlamydosporia* foram identificadas as serinas proteases VCP1, P32 e SCP1 (SEGERS et al., 1996, LOPEZ-LLORCA; ROBERTSON, 1992, LOPEZ-LLORCA et al., 2010). Após a ação das proteases na casca do ovo, a camada de quitina é exposta, a partir de então as endoquitinases produzidas pelo fungo clivam aleatoriamente a cadeia de

quitina enquanto as hexoquinase clivam a quitobiose e as N-acetyl- β D-glucosaminidases retiram os monômeros de glucosamina da quitobiose (MORTON et al., 2004).

A primeira quitinase purificada de *Pochonia* foi a 43 kDa endochitinase – CHI43, foi demonstrado que esta enzima age sinergicamente com a protease P32 em ovos de *G. pallida* (TIKHONOV et al., 2002), o gene *pcchi44* que codifica uma endoquitinase extracelular de *P. chlamydosporia* foi isolada e clonada, a quitinase recombinante PCCHI44 de 44 kDa foi purificada e demonstrou virulência contra *Meloidogyne incógnita* (MI et al., 2010).

A relação entre produção de enzimas (quitinases, esterases, lipases e serina protease) por diferentes isolados de *P. chlamydosporia* e seu crescimento parasitário e saprotrófico foram estudados, observou-se que a produção de enzimas pelo fungo varia de acordo com o meio de cultivo, assim como a quantidade de enzimas produzidas varia conforme o isolado (ESTEVES et al., 2009).

Outro fator relacionado a característica nematicida do fungo é a produção de metabólitos secundários. A classificação 34 metabólitos secundários de *P. chlamydosporia* foram reportadas, dos metabólitos identificados, piranonas fomamalactona e aurovertinas mostraram ter atividade nematicida (NIU, 2017).

O parasitismo feito por *Pochonia* inicia-se com a adesão do fungo ao alvo, este processo é realizado com auxílio de algumas glicoproteínas que conferem aderência das hifas e conídios aos ovos de nematoides, geralmente esta etapa inicia-se em um ambiente úmido (LOPEZ-LLORCA et al., 2002; NICHOLSON; MORAES, 1980).

A segunda etapa do parasitismo é marcada pela penetração do fungo no hospedeiro, este processo acontece por meio de enzimas extracelulares. Além das enzimas, *Pochonia* é capaz de produzir apressórios na ponta dos tubos germinativos e nas hifas laterais e terminais que agem com força mecânica auxiliando na perfuração da casca dos ovos (LOPEZ-LLORCA; CLAUGHER, 1990).

Após a penetração, o fungo coloniza o tecido do hospedeiro para absorver os nutrientes e aumentar sua capacidade reprodutiva. *P. chlamydosporia* utiliza açúcares como a trealose presente nos ovos e nos juvenis como fonte de carbono e coloniza as células de alimentação presente nas fêmeas para absorver os nutrientes vegetais (YEN et al., 1996; WHARTON, 2011).

3.2 *Pochonia* como agente de biocontrole no manejo integrado de pragas

Regiões de clima temperado testaram a aplicação de *Pochonia* associado ao manejo integrado de pragas (MIP), experimentos em campo realizados no Reino Unido demonstraram que o fungo é capaz de reduzir em 50% a presença de *G. pallida* na cultura da batata (TOBIN et al., 2008b).

O produto comercial Klamic® a base *P. chlamydosporia* var. *catelunata* foi testado em plantações de beterraba na Cuba, onde ocorriam perdas de 70% no cultivo devido a

incidência de *M. incógnita*. Observou-se que seis meses após a aplicação a concentração de *Pochonia* na rizosfera manteve-se alta e houve colonização de cerca de 90% dos ovos (HERNÁNDEZ; DÍAZ, 2008).

O controle de *M. javanica* em culturas de alface e cenoura foi testado em condições de campo utilizando um produto a base de *P. chlamydosporia* em fase de desenvolvimento. Foram testadas diferentes doses por metro quadrado de cada parcela experimental e concluiu-se que as doses de 3,8 e 9,5 g do produto reduziram o número de galhas em 46,0% e 38,9% nas raízes, o número de ovos de nematoides no solo foi reduzido em 52,3% e 53,1%, respectivamente, além disto, notou-se o aumento no desenvolvimento das plantas (DALLEMOLE-GIARETA et al., 2013).

A interação de *P. chlamydosporia* var. *catenulata* com as espécies *Rhizobium* sp., *Trichoderma harzianum* e *Glomus clarum*, foi avaliada, os experimentos foram conduzidos em estufa utilizando a cultura do feijão e tomate, os resultados demonstraram que houve compatibilidade entre *P. chlamydosporia*, *Rhizobium*, *T. harzianum* e *G. clarum* e menor número de juvenis de *M. incognita* no solo foi encontrado nos tratamentos que incluíram *P. chlamydosporia* var. *catenulata* (PUERTA et al., 2006).

A compatibilidade da aplicação de *Pochonia* associado ao fungicida azoxistrobina foi avaliada, os resultados demonstraram que o fungo possui sensibilidade inicial a este químico, porém ao longo do tempo o fungo se reestabelece tornando-se capaz de infectar os cistos de nematóides (TOBIN et al., 2008a).

Um estudo de patogenicidade e toxicidade aguda (oral e dérmica) foram realizados com o objetivo de avaliar a segurança da interação do fungo *P. chlamydosporia* com organismos não alvos, os exames demonstraram que os animais que receberam doses contendo esporos do fungo não apresentaram letalidade, toxicidade ou patogenicidade, comprovando a segurança da manipulação do fungo (GARCÍA et al., 2004).

Segundo Manzanilla-López et al. (2013), o uso de *P. chlamydosporia* no manejo integrado de pragas é uma proposta interessante, porém é necessário entender melhor a biologia do fungo, realizar o sequenciamento completo do genoma, conhecer melhor os genes responsáveis pela característica nematicida, reduzir as taxas de aplicação, otimizar a produção e métodos de formulação e aumentar os ensaios de validação em condições de campo, além disto o autor ressalta que o biocontrole depende de uma cuidadosa seleção da cepa.

4 | PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO VEGETAL

Espécies de *P. chlamydosporia* e *P. rubescens* foram estudadas nas culturas do trigo e cevada. Experimentos conduzidos em tubos de crescimento demonstraram que os fungos aumentaram o comprimento efetivo da raiz das mudas de cevada, já em experimentos realizados em vasos, a espécie *P. chlamydosporia* aumentou o peso do rebento das plantas

de trigo (MONFORT et al., 2005).

Deepa et al. (2011) conduziu um experimento em um jardim cítrico de *Citrus limonia* L. de nove anos, uma formulação de talco contendo *P. chlamydosporia* foi aplicado a uma profundidade de 20-30 cm e 120 cm de distância do tronco das árvores, os resultados demonstraram maior rendimento das frutas em 81,66%.

A promoção de crescimento também foi observada em plantas de alface, no qual houve aumento dos parâmetros vegetativos na área de menor fertilidade do solo quando foram utilizadas doses de 10 e 30 g do produto, que consistiu em grãos de arroz colonizados por *P. chlamydosporia* (DIAS-ARIEIRA et al., 2011).

Dallemole-Giaretta et al. (2013) testaram diferentes doses de produto a base de *P. chlamydosporia* para o manejo de nematoides em plantas de alface e notaram que houve maior crescimento nas plantas inoculadas com o fungo quando comparadas ao controle.

Em plantas de tomate, o fungo *P. chlamydosporia* colonizou as células da epiderme e córtex do tomateiro e induziu a defesa das plantas, além disto, sua colonização endofítica promoveu o crescimento das raízes e brotos de tomate (ESCUADERO; LOPEZ-LLORCA, 2012).

Outro estudo também realizado com tomate demonstrou que isolados de *P. chlamydosporia* aumentaram significativamente o crescimento radicular de tomateiro e reduziu o tempo de floração e frutificação em até 5 e 12 dias respectivamente e induziu o aumento do peso dos frutos de tomate maduros, também foi quantificada a produção de ácido indol acético e capacidade de solubilização de fosfato mineral pelo fungo (ZAVALA-GONZALEZ et al., 2015).

Cepas de fungos isolados da Amazônia foram estudadas quanto a sua capacidade em solubilização de fosfato de cálcio e PCV em milho e feijão-caupi, dos 22 isolados obtidos, uma das cepas foi identificada como sendo *P. chlamydosporia*, demonstrou ser solubilizante de fosfato e promoveu crescimento nas raízes de milho e feijão-caupi (GOMEZJURADO et al., 2012).

Um estudo avaliou o efeito de *P. chlamydosporia* incorporado ao solo e aplicado na superfície dos canteiros de plantação de cenoura, os tratamentos em que o fungo foi aplicado na superfície dos canteiros aumentou a produção total e comercial de raízes de cenoura em 25,35 e 55,03%, respectivamente (BONTEMPO et al., 2014).

P. chlamydosporia foi aplicado em raízes de cevada e os resultados demonstraram que houve colonização das raízes de forma endofítica e que o fungo promoveu efeitos de crescimento nas plantas (MACIÁ-VICENTE et al., 2009).

Larriba et al. (2015) avaliaram a colonização endofítica de raízes de cevada por *P. chlamydosporia* que demonstraram promoção de crescimento das plantas e por meio de análise transcriptômica do gene do fungo, observaram uma regulação positiva de genes envolvidos na biossíntese de hormônios vegetais, como auxina, etileno e ácido jasmônico.

A aplicação de *P. chlamydosporia* em raízes de plantas de algodão em casa de

vegetação promoveu o crescimento vegetal, aumentando em até 52% o comprimento dos rebentos, em até 111% o tamanho dos brotos e em até 37% a massa da raiz das plantas de algodão (WANG et al., 2005).

Dallemole-Giaretta et al. (2015) avaliaram três isolados de *P. chlamydosporia* aplicados em sementes de tomate e alface, os resultados demonstraram que houve promoção de crescimento por todos os isolados e que um deles colonizou o rizoplane de mudas de tomate em apenas 15 dias e produziu grande quantidade de clamidósporos.

Um estudo avaliou a inoculação de produto a base de *Pochonia* (Klamic®) em diferentes cultivares de bananeira, foi utilizada a concentração de $5,6 \times 10^5$ clamidósporos por planta, observou-se que as plantas que receberam o inóculo apresentaram maior comprimento e biomassa quando comparadas aos tratamentos sem inoculação (HERNÁNDEZ et al., 2016).

5 | CULTIVO DE POCHONIA SPP.

Uma das maiores limitações para o desenvolvimento do inoculante líquido a base de fungo é a dificuldade de formulação de meio de cultura para produção em escala industrial.

Os conídios e fragmentos de hifas de *Pochonia* spp. não possuem boa taxa de sobrevivência no solo, principalmente quando são submetidos a fungicidas ou o solo não lhes proporcionam muitos nutrientes, porém os clamidósporos são resistentes o suficiente para permanecerem muito tempo sem necessitar de uma fonte de nutrientes externa, tornando sua produção em escala um grande objetivo da formulação de inoculantes (MANZANILLA-LÓPEZ et al., 2013).

Alguns autores relataram que apenas conídios e hifas de *Pochonia* são produzidos em meio líquido com agitação, os clamidósporos são produzidos apenas em cultivo estático, principalmente em fase sólida, logo a aplicação de *Pochonia* geralmente é feita por meio dos clamidósporos em substrato sólido como arroz, milho e grãos de milho triturado (MANZANILLA-LÓPEZ et al., 2013). Os meios mais comuns para a produção de clamidósporos de *Pochonia* são os meios constituídos por cevada, milho ou trigo moídos com areia esterilizada (ABRANTES et al., 2002).

Franco (2006) depositou uma patente com tecnologia e constituição de meio de cultura sintético para a produção de clamidósporos de *P. chlamydosporia* em meio líquido com rendimentos de 10^6 clamidósporos mL⁻¹.

Um estudo avaliou a produção de clamidósporos de *Pochonia* em diferentes substratos sólidos, concluiu-se que grãos de arroz permitiram maior produção de clamidósporos por grama de substrato independente da umidade e tipo de esterilização utilizada, o rendimento máximo obtido foi de 10^5 clamidósporos mL⁻¹ (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2011).

Mo et al. (2005), cultivaram *P. chlamydosporia* em meio líquido variando as fontes de carbono, nitrogênio, pH e razão C:N. A razão C:N de 10: 1 em pH 3,7 produziu o rendimento

máximo de conídios e uma razão C:N de 40: 1 em pH 6,8 rendeu a biomassa máxima. As fontes de carbono e nitrogênio que tiveram melhores resultados foram pó de batata doce e peptona de caseína, respectivamente.

Liu e Chen (2003) estudaram vinte fontes de carbono e dezoito fontes de azoto para cultivo de *P. chlamydosporia* em fases sólida e líquida, os resultados demonstraram que o fungo cresceu melhor quando utilizado o glicogênio, inulina, D(+) galactose e amido solúvel. As melhores fontes de nitrogênio foram caseína para cultivo sólido e peptona para cultivo líquida. A ausência da vitamina B6 no meio de cultura diminuiu a produção de conídios pelo fungo.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pochonia spp. é um fungo que apresenta aplicabilidade na agricultura, sua propriedade nematicida e promotora de crescimento de plantas foi comprovado em diferentes culturas agrícolas. Poucos trabalhos foram realizados visando otimizar o cultivo de *Pochonia* com perspectiva de formulação de um inoculante, sendo necessário mais estudos sobre suas exigências nutricionais.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, I. M. De O. *et al.* A **Manual for Research on *Verticillium chlamydosporium*, a potential biocontrol agent for root-knot nematodes.** Kerry, B.R & Bourne, J.M. (eds.). IOBC/WPRS, Gent, 2002, 84 pp.

BATISTA, A. C.; FONSECA, O. M. ***Pochonia humicola* n. gen. e n. sp., uma curiosa entidade fúngica dos solos do Nordeste do Brasil.** Public Institute Micologia, v. 462, p. 1-11, 1965.

BIRD, A. F.; MCCLURE, M. A. **The tylenchid (Nematoda) egg shell: structure, composition and permeability.** Parasitology, v. 72, n. 1, p. 19-28, 1976.

BONTEMPO, A. F.; FERNANDES, R. H.; LOPES, J.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A. ***Pochonia chlamydosporia* controls *Meloidogyne incognita* on carrot.** Australasian Plant Pathology. v. 43, p. 421-424, 2014.

BONTEMPO, A. F.; LOPES, E. A.; FERNANDES, R. H.; DE FREITAS, L. G.; DALLEMOLE-GIARETTA, O. **Dose-response effect of *Pochonia chlamydosporia* against *Meloidogyne incognita* on carrot under field conditions.** Revista Caatinga, v. 30, n. 1, p. 258-262, 2017.

BUONAFINA, Júlia. **Produtividade agropecuária do Brasil é uma das que mais crescem, diz estudo.** 2017. Disponível em: <agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/201705/produtividade-agropecuaria-do-brasil-e-uma-das-que-mais-crescem-diz-estudo>. Acesso em: 21 ago. 2020.

CHARCHAR, J. M. **Embrapa Hortaliças – Circular técnica (INFOTECA-E).** Brasília: Embrapa, 1999, 12 p.

DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FREITAS, L. G.; CAIXETA, L. B.; XAVIER, D. M.; FERRAZ, S.; FABRY, C.

F. S. **Produção de clamidósporos de *Pochonia chlamydosporia* em diferentes substratos.** Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n. 2, p. 314-321, 2011.

DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FREITAS, L. G.; CAVALLIN, I. C.; MARMENTINI, G. A.; FARIA, C. M. R.; RESENDE, J. T. V. **Avaliação de um produto à base de *Pochonia chlamydosporia*, no controle de *Meloidogyne javanica* em alface e cenoura no campo.** Nematropica, v.43, n. 1, p. 131-137, 2013.

DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; SILVA, M. C. S.; KASUYA, M. C. M.; FERRAZ, S. ***Pochonia chlamydosporia* promotes the growth of tomato and lettuce plants.** Acta Scientiarum, v. 34, n. 4, p. 417-423, 2015.

DEEPA, S. P., SUBRAMANIAN, S., RAMAKRISHAN, S. **Biomangement of citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* Cobb on lemon, *Citrus limonia* L.** Journal Biopesticides, v. 4, n. 2, 2011.

DIAS-ARIEIRA, C. R. et al. **Efficiency of *Pochonia chlamydosporia* in *Meloidogyne incognita* control in lettuce crop (*Lactuca sativa* L.).** Journal of Food, Agriculture and Environment, v. 9, n. 3, p. 561-563, 2011.

DIAS, M. H.; BARBOSA, J. A.; PETERS, F. F.; STANGARLIN, J. R.; ESTEVES, R. L. **Controle alternativo de *Meloidogyne incognita* em tomateiro.** Scientia Agraria Paranaensis, v. 15, n. 4, p. 421-426, 2016.

ESCUADERO, N.; LOPEZ-LLORCA, L. V. **Effects on plant growth and root-knot nematode infection of an endophytic GFP transformant of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*.** Symbiosis, v. 57, n. 1, p. 33-42, 2012.

MAGAN, N.; KERRY, B. **Production of extracellular enzymes by different isolates of *Pochonia chlamydosporia*.** Mycological Research, v. 113, n. 8, p. 867-876, 2009.

EVANS, H. C.; KIRK, P. M. Systematics of *Pochonia*. In: Manzanilla-López R, Lopez Llorca L. **Perspectives in Sustainable Nematode Management Through *Pochonia chlamydosporia* Applications for Root and Rhizosphere Health.** Sustainability in Plant and Crop Protection. Ed. Springer, 2017. p.21-43.

FRANCO, C. **Liquid media for chlamydospore production of the fungus *Pochonia chlamydosporia*,** UE, WO2007031949. Universidade de Évora. 2006.

GARCÍA, L.; BULNES, C.; MELCHOR, G.; VEGA, E.; ILEANA, M.; DE OCA, N. M.; HIDALGO, L.; MARRERO, E. **Safety of *Pochonia chlamydosporia* var *catenulata* in acute oral and dermal toxicity/pathogenicity evaluations in rats and rabbits.** Veterinary and Human Toxicology, v. 45, n. 5, p. 248-250, 2004.

GHAHREMANI, Z.; ESCUREDO, N.; SAUS, E.; GABALDÓN, T.; SORRIBAS, F. J. ***Pochonia chlamydosporia* Induces Plant-Dependent Systemic Resistance to *Meloidogyne incognita*.** Frontiers in Plant Science, v.10, p.1-8, 2019.

GOMEZJURADO, M. E. G.; ABREU, L. M.; MARRA, L. M.; PFENNING, L. H.; MOREIRA, F. M. **Phosphate Solubilization by Several Genera of Saprophytic Fungi and Its Influence on Corn and Cowpea Growth.** Journal of Plant Nutrition, v. 38, n. 5, p. 675-686, 2012.

HERNÁNDEZ, M. A.; DÍAZ, H. **KlamiC®: Bionematicida agrícola producido a partir del hongo *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata***. La Revista de Protección Vegetal, v. 23, n. 2, p. 131-134, 2008.

HERNÁNDEZ, M. A.; ARÉVALO, J.; MARRERO-ORTEGA, J.; MARRERO-ROQUE, D.; HIDALGO-DÍAZ, L. **Effect of KlamiC® on growth stimulation of plantain and banana vitro plants**. Cultivos Tropicales, v. 37, n. 4, p. 168-172, 2016.

HIDALGO-DÍAZ, L.; FRANCO-NAVARRO, F.; DE FREITAS, L. G. Produtos microbianos *Pochonia chlamydosporia* para o manejo de nematóides parasitas de plantas: estudos de caso em Cuba, México e Brasil. In: **Perspectives in Sustainable Nematode Management through *Pochonia chlamydosporia* Applications for Root and Rhizosphere Health**. Springer, Cham, 2017. p. 311-342.

KERRY, B. R.; BOURNE, J. M. **A manual for research on *Verticillium chlamydosporium*, a potential biological control agente for root-knot nematodes**. Belgium: IOBC/WPRS, 2002, p. 1-84.

LARRIBA, E.; JAIMA, M. D. L. A.; NISLOW, C.; MARTÍN-NIETO, J.; LOPEZ-LLORCA, L. V. **Endophytic colonization of barley (*Hordeum vulgare*) roots by the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* reveals plant growth promotion and a general defense and stress transcriptomic response**. Journal of Plant Research, v. 128, p. 665-678, 2015.

LIU, X. Z.; CHEN, S. Y. **Nutritional requirements of *P. chlamydosporia* and ARF18, fungal parasites of nematode eggs**. Invertebrate Pathology, v. 83, p. 10-15, 2003.

LOPEZ-LLORCA, L. V.; CLAUGHER, D. **Appressoria of the nematophagous fungus *Verticillium suchlasporium***. Micron and Microscopica Acta, v. 21, n. 3, p. 125-130, 1990.

LOPEZ-LLORCA, L. V.; GÓMEZ-VIDAL, S.; MONFORT, E.; LARRIBA, E.; CASADO VELA, J.; ELORTZA, F.; JANSSON, H. B.; SALINAS, J.; MARTÍN-NIETO, J. **Expression of serine proteases in egg-parasitic nematophagous fungi during barley root colonization Fungal**. Fungal Genetics and Biology, v. 47, n. 4, p. 342-351, 2010.

LOPEZ-LLORCA, L. V.; OLIVARES-BERNABEU, C.; SALINAS, J.; HANS-BÖRJE, J.; KOLATTUKUDY, P. E. **Pre-penetration events in fungal parasitism of nematode eggs**. Mycological Research, v. 106, n. 4, p. 499-506, 2002.

LOPEZ-LLORCA, L. V.; ROBERTSON, W. M. **Immunocytochemical localization of a 32 kDa protease from the nematophagous fungus *Verticillium suchlasporium* in infected nematode eggs**. Experimental Mycology, v. 16, n. 4, p. 261-267, 1992.

MACIÁ-VICENTE, J. G.; ROSSO, L. C.; CIANCIO, A.; JANSSON, H. B.; LOPEZ LLORCA, L. V. **Colonisation of barley roots by endophytic *Fusarium equiseti* and *Pochonia chlamydosporia*: effects on plant growth and disease**. Annals of Applied Biology, v.155, n. 3, p. 391-401, 2009.

MANZANILLA-LÓPEZ, R. H.; ESTEVES, I.; FINETTI-SIALER, M. M.; HIRSCH, P. R.; WARD, E.; DEVONSHIRE, J.; HIDALGO-DÍAZ, L. ***Pochonia chlamydosporia*: Advances and Challenges to Improve Its Performance as a Biological Control Agent of Sedentary Endo parasitic Nematodes**. The Journal of Nematology, v. 45, n. 1, p. 1-7, 2013.

MI, Q.; YANG, J.; YE, F.; GAN, Z.; WU, C.; NIU, X.; ZOU, C.; ZHANG, K. Q. **Cloning and over expression of *Pochonia chlamydosporia* chitinase gene pcci44, a potential virulence factor in**

infecting against nematodes. *Process Biochemistry*, v. 45, n. 5, p. 810-814, 2010.

MO, M. H.; XU, C. K.; ZHANG, K. Q. **Effects of carbon and nitrogen sources, carbon-to nitrogen ratio, and initial pH on the growth of nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* in liquid culture.** *Mycopathologia*, v. 159, p. 381-387, 2005.

MONFORT, E.; LOPEZ-LLORCA, L. V.; JANSSON, H. B.; SALINAS, J.; PARK, J. O.; SIVASITHAMPARAM, K. **Colonization of seminal roots of wheat and barley by egg parasitic nematophagous fungi and their effects on *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and development of root-rot.** *Soil Biology and Biochemistry*, v. 37, n. 7, p. 1229-1235, 2005.

MORTON, C. O.; HIRSCH, P. R.; KERRY, B. R. **Infection of plant-parasitic nematodes by nematophagous fungi – review of the application of molecular biology to understand infection process and to improve biological control.** *Nematology*, v. 6, n. 2, p. 161-170, 2004.

NAGESH, M.; HUSSAINI, S. S.; RAMAJUNAM, B.; RANGESWARAN, R. **Molecular identification, characterization, variability and infectivity of indian isolates of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*.** *Nematologia Mediterranea*, v. 35, n. 1, 2007.

NICHOLSON, R. L.; MORAES, W. B. C. **Survival of *Colletotrichum graminicola*: importance of the spore matrix.** *Phytopathology*, v. 70, n. 3, p. 255-261, 1980.

NIU, X. M. Secondary Metabolites from *Pochonia chlamydosporia* and Other Species of *Pochonia*. In: Manzanilla-López R, Lopez-Llorca L. **Perspectives in Sustainable Nematode Management Through *Pochonia chlamydosporia* Applications for Root and Rhizosphere Health.** Sustainability in Plant and Crop Protection. Cham: Ed. Springer, 2017. p. 131-168.

PINHEIRO, J. B.; SILVA, G. O.; PEREIRA, R. B. **Nematoides na Cultura da Batata - Circular técnica.** Brasília: Embrapa, 2015, 12 p.

PUERTA, A.; DE LA NOVAL, B.; MARTÍNEZ, B.; MIRANDA, I.; FERNÁNDEZ, F.; HIDALGO-DÍAZ, L. **Interacción de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* com *Rhizobium* sp., *Trichoderma harzianum* y *Glomus clarum* en el control de *Meloidogyne incognita*.** *La Revista de Protección Vegetal*. v. 21, n. 2, p. 80-89, 2006.

RAMIREZ, C. H.; ARAÚJO, A. S.; FILHO, G. M.; ROCHA, F. S.; COSTA, M. G. S.; MUNIZ, M. F. S. **Biocontrollers in the management of yam dry rot nematodes.** *Diversitas Journal*, v. 6, n. 1, p. 24-35, 2021.

SEGRS, R.; BUTT, M. T.; KERRY, B. R.; BECKETT, A.; PEBERDY, J. F. **The role of the proteinase VCP1 produced by the nematophagous *Verticillium chlamydosporium* in the infection process of nematode eggs.** *Mycological Research*, v. 100, n. 4, p. 421-428, 1996.

SILVA, J. O.; SANTANA, M. V.; FREIRE, L. L.; FERREIRA, B. S.; ROCHA, M. R. **Biocontrol agents in the management of *Meloidogyne incognita* in tomato.** *Ciência Rural*, v. 47, n. 10, e20161053, 2017.

SILVA, M. A.; NASCENTE, A. S.; DE FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; SILVA, G. B.; SILVA, J. F. A. **Microrganismos promotores de crescimento isolados e combinados afetando a produção de biomassa, trocas gasosas e o conteúdo de nutrientes em plantas de soja.** *Revista Caatinga*, v. 33, n. 3, p. 619-632, 2020.

TEIXEIRA, L. A. J. et al. **Alterações em atributos químicos de um solo submetido à adubação e cultivado com videira ‘niagara rosada’.** Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal (SP), v. 33, n. 3, p. 983-992, 2011.

TIKHONOV, V. E.; LOPEZ-LLORCA, L. V.; SALINAS, J.; JANSSON, H. B. **Purification and characterization of chitinases from the nematophagous fungi *Verticillium chlamyosporium* and *V. suchlasporium*.** Fungal Genetics and Biology, v. 35, n. 1, p. 67-78, 2002.

TOBIN, J. D.; HAYDOCK, P. P. J.; HARE, M. C.; WOODS, S. R.; CRUMP, D. H. **The compatibility of the fungicide azoxystrobin with *Pochonia chlamyosporia*, a biological control agent for potato cyst nematodes (*Globodera* spp.).** The Annals of Applied Biology, v.153, n. 3, p. 301-305, 2008a.

TOBIN, J. D.; HAYDOCK, P. P. J.; HARE, M. C.; WOODS, S. R.; CUMP, D. H. **Effect of the fungus *Pochonia chlamyosporia* and fosthiazate on the multiplication rate of potato cyst nematodes (*Globodera pallida* and *G. rostochiensis*) in potato crops grown under UK field conditions.** Biological Control, v. 46, n. 2, p. 194–201, 2008b.

VIVANCO-CALIXTO, R.; et al. **Reto agrobiotecnológico: inoculantes bacterianos de segunda generación.** Alianzas y Tendencias, v. 1, n. 1, 2016.

WANG, K.; RIGGS, R. D.; CRIPPEN, D. **Isolation, Selection, and Efficacy of *Pochonia chlamyosporia* for Control of *Rotylenchulus reniformis* on Cotton.** Phytopathology, v. 95, n. 8, p. 890-893, 2005.

WHARTON, D. A. **Cold tolerance. In Perry RN, Wharton DA. Molecular and physiological basis of nematode survival.** Wallingford: Ed. CAB International, 2011. p. 182-204.

YEN, J. H.; NIBLACK, T. L.; KARR, A. L.; WIEBOLD, W. J. **Seasonal biochemical changes in eggs of *Heterodera glycines* in Missouri.** Journal of Nematology, v. 28, n. 4, p. 442-450, 1996.

ZARE, R.; GAMS, W.; EVANS, H. C. **A revision of *Verticillium* section *Prostrata*. V. The genus *Pochonia*, with notes on *Rotiferophthora*.** Nova Hedwigia, v. 73, p. 51-86, 2001.

ZAVALA-GONZALEZ, et al. **Some isolates of the nematophagous fungus *Pochonia chlamyosporia* promote root growth and reduce flowering time of tomato.** Annals of Applied Biology, v. 166, n. 3, p. 472-483, 2015.

SOBRE O ORGANIZADOR

JÚLIO CÉSAR RIBEIRO - Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Engenheiro-Agrônomo pela Universidade de Taubaté-SP (UNITAU); Técnico Agrícola pelo Centro Educacional Limassis (Fundação ROGE). Possui experiência na área de Agronomia com ênfase em ciclagem de nutrientes, nutrição mineral de plantas, cultivos em sistemas hidropônicos, fertilidade e poluição do solo, e tecnologia ambiental voltada para o aproveitamento de resíduos da indústria de energia na agricultura. E-mail para contato: jcragronomo@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidez do solo 14, 16, 19, 20, 27
Adubação 16, 17, 18, 25, 27, 28, 38, 39, 61
Adubação Orgânica 28, 39
Agricultura 9, 3, 13, 25, 29, 38, 48, 49, 50, 57, 62

B

Biocontrole 49, 50, 53, 54
Braquiária 14, 25, 27

C

Cama de frango 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39
Crescimento Vegetal 42, 48, 49, 50, 54, 56

F

Fermentação 49
Fertilidade 9, 1, 2, 11, 12, 16, 24, 27, 55, 62
Fitonematoides 48, 49, 50, 52
Fotossíntese 41, 42, 45

G

Girassol 41, 43, 44, 45, 46
Gradiente Pluviométrico 1, 3, 6, 8, 10, 13

I

Inoculante 48, 56, 57

M

Milho 3, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 41, 43, 44, 45, 46, 55, 56

N

Nitrogênio 10, 29, 31, 32, 35, 37, 38, 39, 49, 56, 57

P

Pastagem 15, 16
Planossolo 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11

R

Radiação solar 41, 42, 46

S

Salinidade 2, 11, 12, 13

Saturação por bases 5, 10, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26

Semiárido 1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 27

Soja 26, 41, 43, 44, 45, 46, 48, 60

Sorgo 24, 25, 27, 41, 43, 44, 45, 46

U

UREASE 28

V

Volatilização 28, 29, 33, 34, 35

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

EDUCAÇÃO EM SOLOS E MEIO AMBIENTE

 **Atena**
Editora

Ano 2021

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

EDUCAÇÃO EM SOLOS E MEIO AMBIENTE

 **Atena**
Editora
Ano 2021