

CIÊNCIAS AGRÁRIAS: PESQUISAS E PERSPECTIVAS NO NORDESTE BRASILEIRO

*João Manoel da Silva
Tania Marta Carvalho dos Santos
Paulo Henrique de Almeida Cartaxo
Ana Beatriz Torres Melo de Freitas
Kennedy Santos Gonzaga
Maria Cristina dos Santos Pereira
João Paulo de Oliveira Santos
(Organizadores)*

João Manoel da Silva
Tania Marta Carvalho dos Santos
Paulo Henrique de Almeida Cartaxo
Ana Beatriz Torres Melo de Freitas
Kennedy Santos Gonzaga
Maria Cristina dos Santos Pereira
João Paulo de Oliveira Santos
(Organizadores)

CIÊNCIAS AGRÁRIAS: PESQUISAS E PERSPECTIVAS NO NORDESTE BRASILEIRO

1ª edição

© 2020 por João Manoel da Silva, Tania Marta Carvalho dos Santos, Paulo Henrique de Almeida Cartaxo, Ana Beatriz Torres Melo de Freitas, Kennedy Santos Gonzaga, Maria Cristina dos Santos Pereira e João Paulo de Oliveira Santos (Orgs.)

© 2020 por vários autores

Todos os direitos reservados.

Conselho Editorial

Márcia Aparecida da Silva Pimentel | Universidade Federal do Pará (UFPA)

José Antônio Herrera | Universidade Federal do Pará (UFPA)

Bruno Nunes Batista | Instituto Federal Catarinense (IFC)

Wildoberto Batista Gurgel | Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

André Luiz de Oliveira Brum | Universidade Federal do Rondônia (UNIR)

Mariana Neves Cruz Mello | Universidade do Estado do Pará (UEPA)

Josimar dos Santos Medeiros | Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Miguel Rodrigues Netto | Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

Rodrigo de Lima Leal | Instituto de Educação Superior Raimundo Sá (IESRSA)

Jenaldo Alves de Araújo | Universidade Luterana do Brasil (ULBRA)

Mário Silva Uacane | Universidade Licungo / Moçambique

Francisco da Silva Costa | Universidade do Minho / Portugal

Ofelia Pérez Montero | Universidad de Oriente- Santiago de Cuba-Cuba

Editora-chefe: Viviane Corrêa Santos | Universidade do Estado do Pará (UEPA)

Editoração eletrônica: Walter Rodrigues

Projeto de capa dos organizadores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

C569	Ciências agrárias [recurso eletrônico] : pesquisas e perspectivas no nordeste brasileiro / organizado por Ana Beatriz Torres Melo de Freitas ... [et al.]. - Ananindeua, PA : Itacaiúnas, 2020. 216 p. : il. ; PDF ; 6 MB. Inclui bibliografia e índice. ISBN: 978-65-991124-1-6 (Ebook) 1. Ciências agrárias. 2. Agricultura. 3. Nordeste brasileiro. I. Freitas, Ana Beatriz Torres Melo de. II. Silva, João Manoel da. III. Santos, João Paulo de Oliveira. IV. Gonzaga, Kennedy Santos. V. Pereira, Maria Cristina dos Santos. VI. Cartaxo, Paulo Henrique de Almeida. VII. Santos, Tania Marta Carvalho dos. VIII. Título.
2020-916	CDD 630 CDU 63

Elaborado por Vagner Rodolfo da Silva - CRB-8/9410

Índice para catálogo sistemático:

1. Ciências agrárias 630
2. Ciências agrárias 63

DOI 10.36599/itac-ed1.006

O conteúdo desta obra, inclusive sua revisão ortográfica e gramatical, bem como os dados apresentados, é de responsabilidade de seus participantes, detentores dos Direitos Autorais.

Esta obra foi publicada pela [Editora Itacaiúnas](#) em maio de 2020.

Apresentação

Os estudos em Ciências Agrárias constituem uma construção teórica de interesse para diversos pesquisadores da agropecuária, apresentando uma postura crítica e investigativa para com as problemáticas atuais, tendo em vista o desenvolvimento regional. Assim, o Nordeste Brasileiro possui um cenário de diversidades, perpassando os vieses das questões socioambientais e conservação dos ecossistemas, sendo evidenciados avanços em diversas áreas por meio de resultados de pesquisas desenvolvidas nas Universidades e Institutos Federais e demais centros de pesquisa da Região. Nessa perspectiva, alimentou-se o ensejo da construção de uma série de estudos que, unidos e complementando-se, resultaram em artigos, os quais compõem esse e-Book. Portanto, os estudos aqui apresentados são de interesse de pesquisadores para o fomento de conhecimentos acadêmicos e extra-acadêmicos, proporcionando desenvolvimento de bases metodológicas para a construção de novas pesquisas, por meio das experiências aqui explicitadas. Os organizadores do presente material bibliográfico desejam que, assim, por meio de uma leitura proveitosa e agradável, os leitores mergulhem nas pesquisas aqui apresentadas.

João Manoel da Silva

Tania Marta Carvalho dos Santos

Paulo Henrique de Almeida Cartaxo

Ana Beatriz Torres Melo de Freitas

Kennedy Santos Gonzaga

Maria Cristina dos Santos Pereira

João Paulo de Oliveira Santos

Sumário

A PRODUÇÃO ARTIFICIAL DE CARNE COMO SOLUÇÃO PARA A DEMANDA ALIMENTÍCIA MUNDIAL: PERSPECTIVAS E DESAFIOS 8

Leonardo Henrique Oliveira de Souza, Emanuel de Matos Santos, Jeovângela de Matos Rosa Ribeiro

ÁCIDOS ORGÂNICOS NA QUALIDADE DE CARCAÇA E CARNE OVINA..... 16

Nelson Vieira da Silva

ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO INICIAL E CARACTERIZAÇÃO MORFO-ANATÔMICA DO SISTEMA SUBTERRÂNEO DE *Amburana cearensis* (ARR. CAM.) A.C. SMITH (FABACEAE)..... 24

Graziela Cury, Islan dos Santos Silva, Jordana Rosilda Lins Araujo

ANTAGONISMO *IN VIVO* DE *F. oxysporum* f. SP. *Phaseoli*. POR CEPAS DE *Trichoderma* spp. E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM FEIJOEIRO-COMUM (*Phaseolus vulgaris* Linnaeus) 32

Milena da Silva Medeiros, Juliana Paiva Carnaúba, Tania Marta Carvalho dos Santos, João Manoel da Silva

APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS AMBIENTAIS E GEOTECNOLOGIAS NA REVITALIZAÇÃO DE NASCENTES URBANAS 40

João Vitor de Almeida Bezerra, Ricardo Brauer Vigoderis, Felipe Pessoa de Melo, Werônica Meira de Souza, João Manoel da Silva

AS RELAÇÕES DE PRODUÇÃO NO CAMPESINATO: CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRABALHO CAMPONÊS E A CONTRATAÇÃO DE TRABALHADORES TEMPORÁRIOS 50

Lívia Thaysa Santos de Albuquerque Gama, Cirlene Jeane Santos e Santos

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE SÃO GONÇALO, SEMIÁRIDO NORDESTINO 56

Joelson Nunes Freire, Maria Cristina dos Santos Pereira, Jeremias Sousa Peruzzo, Luiz Daniel Rodrigues da Silva, Maurício Javier De Leon, Guttemberg da Silva Silvino

COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GEODÉSICO NO GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS 66

Luiz Daniel Rodrigues da Silva, Maria Cristina Santos Pereira, João Henrique Barbosa da Silva, Jeremias Sousa Peruzzo, Joelson Nunes Freire, Guttemberg da Silva Silvino

CONSERVAÇÃO DE GERMOPLASMA NA FORMA DE SEMENTES: FONTE DE RESISTÊNCIA AOS ESTRESSES ABIÓTICOS FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS 74

Juliana Lopes Souza; Renata Silva-Mann, Valdinete Vieira Nunes, Maria Fernanda Torres Oliveira

CULTIVO DO MELOEIRO SOB APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO 89

Francisco Hevilásio Freire Pereira, Luandson José da Silva e Silva, Francisco de Assis da Silva, Mirandy dos Santos Dias, Larissa Felix Macêdo, Rafael Pereira da Silva

DEMANDA HÍDRICA E CRESCIMENTO VEGETAL EM RELAÇÃO AOS GRAUS-DIA ACUMULADO: ESTUDO PARA O MELOEIRO IRRIGADO 99

Laysa Gabriella de Souza Laurentino; Valéria Peixoto Borges; Robson de Sousa Nascimento; Alícia Nayana dos Santos Lima de Brito

DINÂMICA DA PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA NO CARIRI ORIENTAL DA PARAÍBA 109

Matheus Mendes de Sousa, José Manoel Ferreira de Lima Cruz, Otília Ricardo de Farias, Paulo Henrique de Almeida Cartaxo, João Paulo de Oliveira Santos, Daniel Duarte Pereira

DINÂMICA DA PRODUÇÃO DE *Phaseolus vulgaris* L. EM UM MUNICÍPIO DO SEMIÁRIDO DE ALAGOAS 119

Paulo Henrique de Almeida Cartaxo, Rodolfo José da Silva Félix, Kennedy Santos Gonzaga, Mirandy dos Santos Dias, Andressa Kamila Souza Alves, Francisco Ítalo Fernandes de Oliveira, João Paulo de Oliveira Santos

DIVERSIDADE E ESTRUTURA DO COMPONENTE ARBÓREO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS DE DIFERENTES IDADES NO MUNICÍPIO DE TANQUE D'ARCA, AL, BRASIL 128

Débora dos Santos Farias, Mikael Oliveira da Silva, Mariana da Silva Leal, Sthefanny Carolina da Silva Lóz, Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto, Carlos Frederico Lins e Silva Brandão

FAUNA EDÁFICA COMO INDICADORA DE QUALIDADE AMBIENTAL 135

Leila Caroline Salustiano Silva

GEOTECNOLOGIAS: FERRAMENTA PRÁTICA NA DETECÇÃO DE MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS..... 148

Jeremias Sousa Peruzzo, Júlia Eudócia de Araújo Monteiro, Maria Cristina dos Santos Pereira, Joelson Nunes Freire, Luiz Daniel Rodrigues da Silva; Guttemberg da Silva Silvino

MANEJO DA IRRIGAÇÃO NAS FASES FENOLÓGICAS DA CULTURA DO FEIJÃO-FAVA.....	156
<i>Mirandy dos Santos Dias, Ligia Sampaio Reis, Rilbson Henrique Silva dos Santos, Clécio Lima Tavares, Francisco de Assis da Silva, Gabriel Gustavo Ferraro de Andrade Pessoa</i>	
POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE <i>Mimosa tenuiflora</i> [WILLD.] POIR. COMO BIOINDICADOR DE ÁREAS DEGRADADAS NO POLO GESSEIRO DO ARARIPE	164
<i>João Paulo de Oliveira Santos, Soraya Giovanetti El-Deir, Kennedy Santos Gonzaga, Mateus Costa Batista, Paulo Henrique de Almeida Cartaxo, Ana Beatriz Torres Melo de Freitas, Luis Eugênio Lessa Bulhões</i>	
PRODUÇÃO MAIS LIMPA COMO MÉTODO DE GESTÃO AMBIENTAL NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA.....	177
<i>Maria de Fátima da Silva, Cícero Natanael de Oliveira Silva, Ana Regina Bezerra Ribeiro, Almir Silveira Menelau</i>	
SELETIVIDADE DE BIOFERTILIZANTE SOBRE <i>Marava arachidis</i> YERSIN, 1860 (DERMAPTERA: LABIIDAE)	190
<i>Lylían Souto Ribeiro, Angélica da Silva Salustino, Rosângela Miranda, Maria Sônia Lopes Silva, Khyson Gomes Abreu, Kennedy Santos Gonzaga, Carlos Henrique de Brito</i>	
SELETIVIDADE DE INSETICIDAS UTILIZADOS NO CONTROLE DE <i>Spodoptera frugiperda</i> SMITH, 1797 (LEPIDORPERA: NOCTUIDAE) SOBRE <i>Marava arachidis</i> YERSIN, 1869 (DERMAPTERA: LABIIDAE)	198
<i>Maria Sônia Lopes da Silva, Maria Ítala Alves de Souza, Lylían Souto Ribeiro, Angélica da Silva Salustino, Kennedy Santos Gonzaga, Francisco de Assis Romero Mota, Carlos Henrique de Brito</i>	
UTILIZAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS NA REMEDIAÇÃO DO SOLO	205
<i>Maria Iderlane de Freitas, Amanda Michele Santos de Lima, Isamor Gomes do Nascimento, Josévaldo Ribeiro Silva, Luan Rafael dos Santos Wanderley, Emmanuella Vila Nova da Silva</i>	
ORGANIZADORES.....	214

A PRODUÇÃO ARTIFICIAL DE CARNE COMO SOLUÇÃO PARA A DEMANDA ALIMENTÍCIA MUNDIAL: PERSPECTIVAS E DESAFIOS

*Leonardo Henrique Oliveira de Souza¹, Emanuel de Matos Santos¹,
Jeovângela de Matos Rosa Ribeiro¹*

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Seabra, e-mail:
leonardoh481@gmail.com

RESUMO

Entender a dinâmica alimentícia futura faz-se necessária para traçar caminhos efetivos para os desafios que estão por vir. O presente trabalho tem como objetivo principal analisar a demanda por alimentos no futuro e as barreiras logísticas impetrantes à produção da subsistência humana. Como forma de contornar tais barreiras – que em essência são de cunho logístico e ambiental – foi proposta a utilização de métodos artificiais de produção de carne. Na condução da pesquisa foi empregada extensa revisão e estudo bibliográficos e como forma de obtenção do retorno social quanto à temática, ou seja, da aceitação de populares quanto ao consumo de carne artificial, foi utilizada pesquisa de opinião com 54 pessoas, sendo o resultado negativo no que se refere à adesão a dietas que envolvam carnes artificiais. Desta forma, concluímos que a ausência de discussão de métodos alternativos de consumo de carne corrobora para a baixa aceitação social à essa forma de alimentação, sendo a principal intervenção, a promoção de diálogo democrático e aberto a partir de programas públicos para conscientização da população sobre as consequências futuras que a produção de carne irá ocasionar.

PALAVRAS-CHAVE: Produção de alimentos, Sustentabilidade, Meio ambiente.

1. INTRODUÇÃO

A alimentação é, de forma incontestável, o pilar fundamental para uma vida equilibrada e plena. Outrossim, refletir acerca dessa temática significa aludir também à uma antiga problemática que acompanha o ser humano: a logística de produção alimentícia. Por vezes, durante a história, pensadores e geógrafos atestaram para os perigos de uma possível crise alimentícia advinda do desequilíbrio entre o intenso crescimento do contingente populacional e a baixa capacidade de se produzir alimentos.

Para o economista britânico Thomas Malthus, essa seria uma realidade inevitável, uma vez que, segundo o próprio autor, "pessoas sem restrições aumentam geometricamente e a subsistência só aumenta apenas aritmeticamente" (Ensaio Sobre o Princípio da População, 1798), ou seja, seria impossível produzir a sustentação alimentícia da população, uma vez que ambos os processos se conduzem em velocidades distintas. Entretanto, sabe-se que o cenário catastrófico enunciado por Malthus jamais ocorreu, sendo esse feito, em geral, creditado à Revolução Verde, a qual permitiu o aumento da produção de alimentos por meio do aprimoramento de técnicas de cultivo, da instauração da transgenia e pela inserção de maquinário (PERES, 2001).

Apesar da superação em outrora, as discussões acerca da insuficiência em se abastecer a população retornaram. A Organização das Nações Unidas, por meio de sua unidade para Alimentação e Agricultura (FAO), publica em 2005, estudo que prevê que, até 2050 será necessário um aumento absoluto de 70% na produção de alimentos com vistas a abastecer cerca de 9,1 bilhões de habitantes. Para se alcançar o índice estipulado, diversos ecossistemas deveriam ser alterados uma vez que florestas e bosques seriam convertidos em áreas agricultáveis, o que representaria a perda definitiva da de diversos biomas.

Em vista do cenário de inconsistência ambiental e produção alimentícia que perdura de 2005 aos dias atuais, o presente trabalho visa estabelecer análise da possibilidade e viabilidade social de se utilizar mecanismos de produção artificial de alimentos, com foco na produção de carne artificial, como forma de evitar uma possível crise alimentícia e o aumento da pressão sobre o meio ambiente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

De forma substancial utilizou-se revisão bibliográfica acerca dos temas gerais "produção alimentícia" e "produção artificial de carne" a fim de aglutinar o conhecimento atual acerca dos temas para estabelecer a viabilidade da replicação de carne como um caminho apto à atender a demanda de alimentos pela população, ao mesmo tempo que, corrobora para a diminuição dos impactos ambientais advindos da criação de bovinos. Escolheu-se a carne como artigo alimentício para estudo pois está relacionada diretamente a um dos maiores agentes interventores do meio ambiente, a pecuária. Ademais, Pandurangan e Kim (2015) afirmam que até 2050, devido ao crescimento populacional, a produção de carne deveria ser ampliada em 50%. Este percentual de aumento, segundo os autores apresenta-se como inviável, uma vez que a produção convencional encontraria seu pico muito antes da época estipulada.

A criação de gado, nomeada pecuária, além de ser um importante vetor econômico de diversas nações apresenta-se também como um grande consumidor de recursos naturais. Dentre as problemáticas frequentemente atribuídas a esse tipo de atividade estão o gasto hídrico elevado, emissão massiva de gases na atmosfera,

prejuízos ao solo e alteração do bioma para avanço pecuário. Apesar de estimativas apontarem para uma leve redução do consumo de carne em períodos mais curtos (CME, 2016) o panorama geral implica que até 2030, a produção de carne será aumentada em 30% (FAO, 2018). Mesmo sendo uma otimista ampliação produtiva, se considerarmos essa taxa de aumento até 2050, a proporção do que seria necessário para sustentar 9,1 bilhão de pessoas não seria alcançado, conforme ilustra Pnadurangan e Kim (2015).

Outrossim, foram analisados os três principais impactos ambientais advindos da pecuária a fim de se entender as dimensões das alterações que ela pode induzir à natureza. Como discorrido anteriormente, são, a saber: gasto hídrico, emissão de gases e prejuízos ao ecossistema específico. Como dispositivo da pesquisa social foi utilizado questionário online objetivando o conhecimento dos costumes diários de consumo da carne bovina e aceitação da carne artificial, havendo retorno de 54 respostas.

2.1 Problemas ambientais pertinentes à produção de carne

Os métodos utilizados pela indústria para a produção de carne não envolvem somente processos que acarretam na liberação de gases tóxicos – principal problemática apontada pela grande mídia –, mas que atingem outras áreas ambientais, chegando a ocasionar desmatamento, consumo excessivo de água e poluição de corpos hídricos – tanto superficiais quanto subterrâneos. Essa pressão sobre o ambiente aumenta de acordo com o crescimento da demanda por carne, diretamente atrelada à evolução quantitativa populacional.

2.1.1 Liberação de gases

A produção mundial de carne possui grande responsabilidade quanto à liberação de gases nocivos à saúde humana e agravadores do efeito estufa. Essa porcentagem pode chegar a 32% da emissão total de gases do efeito estufa. Este valor é calculado sobre todo o ciclo de vida do produto, o que engloba produção das forragens para o consumo do animal até o consumo humano final. Segundo a Environmental Working Group, os principais gases relacionados à produção de carne bovina são o gás metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) – liberados em tamanha quantidade que ultrapassam os níveis recorrentes à produção de outras carnes, à exemplo da carne de aves.

2.1.2 Desmatamento

Segundo o relatório Estado das Florestas do Mundo (2016), conduzida pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), “a pecuária é responsável por mais de 80% do desmatamento no Brasil”. Este ocorre para possibilitar a produção de forragens – plantas que são utilizadas como alimento para gados – ou mesmo para a criação de animais, sendo as áreas mais afetadas as florestas, havendo ainda, casos de utilização de áreas de preservação. Quanto ao processo de preparação da forragem, os agropecuaristas utilizam como fertilizantes, minerais, esterco ou adubo líquido em excesso, o que contribui para a elevação de óxido nitroso (N₂O) em terra, aumentando a concentração de tal forma que as plantas não conseguem absorvê-lo, sendo liberado para a atmosfera ou contaminando os corpos hídricos subterrâneos (IPCC, 1996). Ademais, a perda da flora e mata nativas

contribuem para o aumento do dióxido de carbono (CO₂), potencializador do gás do efeito estufa.

2.1.3 Gasto hídrico

Produto	Litros de água por kg de produto
Batata	160,0
Milho	450,0
Leite	865,0
Trigo	1.150,0
Soja	2.300,0
Arroz	2.656,0
Carne de aves	2.828,0
Ovos	4.657,0
Queijo	5.288,0
Carne suína	5.906,0
Carne bovina	15.977,0

Tabela 1. ONU Water Report 2006, comparativo de gastos hídricos

Ainda acerca dos impactos ambientais que advêm dos processos impetrantes à produção de carne, a questão hídrica apresenta-se como uma das principais problemáticas. Segundo a FAO, é necessária a utilização de quase 16 mil litros de água para suportar a produção de um quilograma de carne bovina, sendo esse volume impetrante aos processos de limpeza de currais, de abate, da produção de rações, da água que o animal bebe e da água consumida na refrigeração do produto no mercado. Este exorbitante valor causa urgência quanto à necessidade de se encontrar métodos alternativos que visem diminuir a pressão sobre os recursos naturais relacionados ao consumo de carne, fato que se agrava ao comparar o gasto hídrico deste produto com a pegada hídrica de outros.

Após o levantamento da problemática ambiental relacionada à produção de carne, iniciamos a busca por uma solução que poderia reverter tal pressão. Encontramos na tecnologia, mais uma vez, a possibilidade de perpassar os problemas ambientais e logísticos do quadro previsto pela FAO (2006 e 2011) e Pandurangan e Kim (2015) e que impetram limitações às modalidades convencionais de pecuária. Avalia-se, pois, como possibilidade a produção artificial de carne. Dentre os principais benefícios da utilização das técnicas laboratoriais apresentam-se como expoentes o bem-estar animal, a redução da pressão ambiental, eliminação de doenças e eficiência de produção.

Atualmente, há duas modalidades principais de produção em laboratório de carne: *in vitro* e à base plantas. A primeira utiliza células-tronco de animais a fim de que sejam estimuladas à reprodução, formando enfim, o tecido carnoso. Essa técnica, ainda que muito semelhante com a modalidade “clonagem”, guarda especificidades essenciais que a distingue de qualquer outra. Stephens (2010) afirma que, como a célula em questão é utilizada para a formação de um tecido – e não de um ser completo -, não há mortes envolvidas no processo, já que nenhum animal foi gerado, e sim um tecido alheio a qualquer organismo vivo. A segunda modalidade utiliza compostos orgânicos advindos de plantas para simular as características da carne real como a junção de proteína de trigo e amido e *heme*, molécula característica do sangue e músculos animais, mas que é retirada de grãos de soja.

Entretanto, apesar de numerosos os benefícios advindos da produção artificial da carne, a sua utilização em uma maior escala encontra como barreira principal a baixa adesão popular ao método não convencional. Welin (2013), afirma que a população em geral percebe os novos processos com “falta de naturalidade”, uma vez que pouco é o tema é pouco abordado pela mídia ou em demais instâncias sociais. Haja vista esse possível impedimento, foi realizada uma pesquisa em formato de entrevista com uma população de 42 pessoas acerca da aceitação da carne artificial. A enquete contou com questionamentos variados acerca do aspecto sociocultural do entrevistado visando entender se efetivamente a carne artificial é viável no seu ponto de vista prático.

As questões utilizadas foram: Faixa etária (1); Você consome carne? (2); se sim, com que frequência? (3); você conhece os impactos ambientais como emissão de gases poluentes, gasto de água elevado ou destruição da biodiversidade relacionados à produção de carne? (4); você consideraria comer carne produzida em laboratório (ela tem o mesmo gosto, cheiro e nutrientes) como a mostrada no vídeo abaixo [inserido no formulário]? (5); você acredita que a carne produzida em laboratório seja mais saudável? (6) e você acredita que a carne produzida em laboratório seja melhor para o bem-estar animal? (7).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta dos dados foram confeccionados gráficos que facilitassem a análise. A maioria (49%) dos entrevistados estão na faixa etária de 16 a 22 anos e são ingressos no sistema de Educação Profissional Técnica de Ensino Médio (EPTCM). Abaixo estão elencados os gráficos e as respectivas reflexões acerca dos mesmos.

A grande maioria dos entrevistados (90,7%) afirmaram que consomem carne. Esse quantitativo reflete o panorama geral de brasileiros consumidores de carne como apontado na Pesquisa de Orçamento Familiar (POF), a qual demonstra que a presença de carne na dieta aumentou quase 50% no início do século XXI. Esse índice é reflexo do histórico alimentício impetrante ao próprio homem. Comer carne, para além de ser uma atividade que favorece nutricionalmente, é um aspecto cultural de diversas sociedades, uma vez que "comida não é apenas uma substância alimentar, mas é também um modo, um estilo e um jeito de alimentar-se. E o jeito de comer define não só aquilo que é ingerido, como também aquele que o ingere" (MACIEL, 2005).

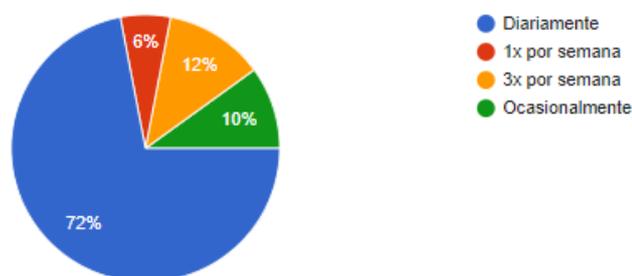


Gráfico 1. Se sim, com que frequência

Dentro do quantitativo que apontou como positivo com relação ao consumo de carne, 72% afirmaram que o fazem diariamente, demonstrando a intensa recorrência da carne como integrante essencial da dieta. Apenas 6% disseram que fazem o consumo de carne apenas 1 vez por semana.

A partir do questionamento (4) é possível perceber a difusão entre a sociedade acerca das consequências ambientais que estão intrinsicamente relacionadas aos processos de produção da carne. O conhecimento dos impactos, ainda sim, não é suficiente para que o estilo alimentício e a cultura da carne sejam alterados. Neste sentido, Contrera e Garcia (2011) apontam que o consumo – ou o não consumo – de um determinado alimento está relacionado com diversas variáveis econômicas, sociopolíticas, religiosas e filosóficas.

Comemos aquilo que nos faz bem, ingerimos alimentos que são atrativos para os nossos sentidos e nos proporcionam prazer, enchemos a cesta de compras de produtos que estão no mercado e nos são permitidos por nosso orçamento, servimos ou nos são servidas refeições de acordo com nossas características: se somos homens ou mulheres, crianças ou adultos, pobres ou ricos. E escolhemos ou recusamos alimentos com base em nossas experiências diárias e em nossas ideias dietéticas, religiosas ou filosóficas” (CONTRERA; GRACIA, 2011, p.16).

Analisando-se as respostas obtidas através do questionamento (5) é possível perceber que o número de pessoas que se recusam a aderir à ingestão de carne artificial (51,9%) supera – em poucos números absolutos – o quantitativo daqueles que considerariam consumir a carne não convencional (48,1%). Este é um importante número que auxilia no entendimento da “falta de naturalidade” com que a população recebe a ideia de ingressar numa dieta que conta com carne fabricada em laboratório, assim como exposto por Welin (2013) e Contrera e Garcia (2011).

Impetrante às respostas relativas ao questionamento (6) há novamente a presença de um dado que corrobora com Welin. A grande maioria dos entrevistados (68,5%) são céticos quanto a qualidade nutritiva da carne artificial, ainda que a mesma seja um produto que foi formado através da replicação de células do tecido muscular de um animal ou a partir da junção de compostos vegetais.

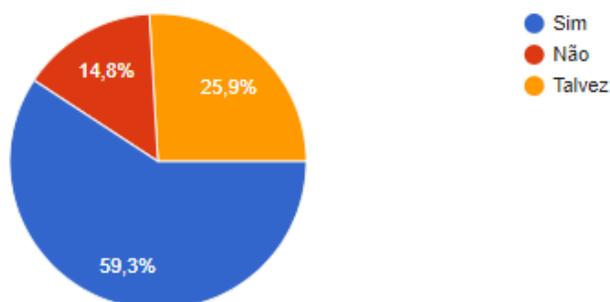


Gráfico 2. Você acredita que a carne produzida em laboratório seja uma melhor opção para o bem-estar animal e para a diminuição da pressão ambiental?

O último questionamento demonstrou que a grande parte dos entrevistados (59,3%) afirmam acreditar que a substituição da carne convencional pela artificial pode impactar positivamente no quesito de bem-estar dos animais além de contribuir para a diminuição da pressão ambiental.

4. CONCLUSÕES

A partir do estudo bibliográfico e da pesquisa conduzida é possível depreender que a utilização da carne artificial – do ponto de vista logístico e técnico – é viável, sendo capaz de reduzir drasticamente os impactos ambientais que se relacionam à produção da carne convencional como a intensa utilização dos recursos hídricos, emissão de gases poluentes e intensificadores do efeito estufa e mitigação de biomas. Entretanto, analisando-se o resultado final da pesquisa de opinião percebe-se que há a resistência popular em adotar uma nova dieta, pautada na ingestão de carne artificial. À essa recusa podemos relacionar a ausência de debate sobre a temática, o que possibilitaria alteração da consciência social, propiciando uma maior aceitação da nova prática de produção/consumo de carne, assim como afirma Fuller (17-). Dessa forma, a partir dos resultados encontrados e discutidos, faz-se entendível a necessidade da implementação de programas que promovam a conscientização da população acerca da importância do consumo da carne artificial como uma forma de evitar o colapso alimentício e ambiental em um futuro próximo, corroborando para o excerto da Comissão de Brundt-land (WCED, 1987) de que “o desenvolvimento sustentável deve satisfazer às necessidades da geração presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras”.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos às nossas famílias por nos instruírem sobre o caminho correto a ser trilhado. Agradecemos à nossa professora de Geografia Jeovângela de Matos Rosa Ribeiro por ter aceitado o desafio de auxiliar na construção de uma pesquisa mais completa e relevante.

5. REFERÊNCIAS

ALTOÉ, I. M. **A (re)invenção da carne: controvérsias e potências da carne artificial**. v. 4 n. 4 (2019): Trabalhos Completos Apresentados nos Seminários Temáticos da VII Reunião de Antropologia da Ciência e Tecnologia, 2019.

CONTRERAS, J.; GRACIA, M. **Alimentação, Sociedade e Cultura**. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. Editora FioCruz, 2011.

EWG - **Environmental Working Group**. Disponível em: <<https://www.ewg.org>>. Acesso em: 16 de Outubro de 2019.

FAO – **Food and Agriculture Organization of The United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em 16 de Outubro de 2019.

HEINRICH BÖLL STIFTUNG. **Atlas da Carne – Fatos e números sobre os animais que comemos**. 2016.

MACIEL, M. E. **Olhares Antropológicos Sobre a Alimentação**. Identidade cultural e alimentação. Editora FioCruz, 2005. p. 49-55.

MALTHUS, T. **An Essay on the Principle of Population**. 1798.

PANDURANGAN, M.; KIM, D. H. A novel approach for in vitro meat production. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 99, 5391- 5395, 2015.

PERES, C. A. Synergistic effects of subsistence hunting and habitat fragmentation on Amazonian Forest vertebrates. **Conservation Biology**, v.5, n.6, p.1490-1505, 2001.

SANTOS, E. J. **Carne artificial: uma nova perspectiva baseada no cultivo de células-tronco e engenharia tecidual**.

STHEPENS, N. 2010. “In Vitro Meat: Zombies on the menu?”. **Scripted**, 7: 394-401.

UNEP, OECD, IEA, IPCC. **IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Bracknell; IPCC, 1995. v. 3.

VITAL, A. C. P. **Produção de carne in vitro: nova realidade da sociedade moderna**. 2017.

WELLIN, S. Introducing the new meat. Problems and Prospects. **Nordic Journal of Applied Ethics**, 7, 24–37, 2013.

ÁCIDOS ORGÂNICOS NA QUALIDADE DE CARÇAÇA E CARNE OVINA

Nelson Vieira da Silva¹

¹Professor do Programa de Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica (PROFEPT/IFAL) / Departamento de Agroecologia do Instituto Federal de Alagoas- IFAL/ Campus Murici, e-mail drzoonelson@gmail.com

RESUMO

A qualidade da carcaça e da carne sofre influência de fatores pré-abate e pós-abate, dentre eles o genótipo, o peso de abate, a idade, a nutrição e a manipulação da carcaça durante o abate e processamento. Os animais vivos carregam uma vasta e variada microbiota proveniente do ambiente de criação, da alimentação e da água. Estes micro-organismos colonizam tanto a pele e pelos, como o trato intestinal, os quais são introduzidos no abatedouro e constituem como fontes de contaminação da carne durante a sua obtenção. A contaminação é a principal responsável tanto por perdas econômicas, provocadas pela deterioração da carne, como também pelos problemas ligados à saúde do consumidor, em função da ingestão de bactérias patogênicas ou das toxinas por elas produzidas. Levando em consideração que a principal fonte de contaminação da carne com micro-organismos é o próprio animal, as boas práticas e o controle estrito de todas as operações, além de minimizar a contaminação microbiana das carcaças, pode evitar riscos à saúde humana e garantir maior prazo de validade às carnes produzidas. Portanto, o presente artigo faz uma abordagem teórica da utilização de ácidos orgânicos na sanitização da carcaça de animais recém-abatidos, destinados ao consumo humano, que tem sido estudado para redução da contaminação microbiana, através da lavagem ou aspersão na carcaça de animais de abate.

PALAVRAS-CHAVE: Cadeia produtiva, Frigorífico, Microbiologia, Ovinocultura.

1. INTRODUÇÃO

O atual cenário da ovinocultura nacional, aliado as exigências do mercado consumidor, está direcionado para a intensificação da produção e aumento em termos quantitativos e qualitativos de carcaças e carnes (MEDEIROS et al., 2008). A qualidade da carcaça e da carne sofre influência de fatores pré-abate e pós-abate, dentre eles a manipulação da carcaça durante o abate e processamento (METRI et al., 2006; COSTA et al., 2008).

A contaminação da carne pode estar relacionada a fatores como prática higiênico-sanitária no animal antes, durante e após o abate, enfatizando-se a evisceração como uma das operações que mais oferece riscos, e o contato com o couro, patas, pelos, utensílios, equipamentos e manipuladores (METRI et al., 2006). A contaminação pode ser a principal responsável tanto por perdas econômicas, provocadas pela deterioração da carne, como também pelos problemas ligados à saúde do consumidor, em função da ingestão de bactérias patogênicas ou das toxinas por elas produzidas.

Levando em consideração que a principal fonte de contaminação da carne com micro-organismos é o próprio animal, a carga microbiana da carne está diretamente relacionada com as boas práticas de manufatura durante os processos de abate (DICKSON; ANDERSON, 1991). O controle estrito de todas as operações, além de minimizar a contaminação pode evitar riscos à saúde humana e garantir maior prazo de validade às carnes produzidas (ROÇA; SERRANO, 1994).

Em alimentos perecíveis a aplicação de técnicas aprimoradas de higiene e sanitização permitem obter produtos de boa qualidade do ponto de vista de saúde pública, atendendo exigências dos padrões microbiológicos e permitindo a obtenção de produtos com vida de prateleira mais longa (KRAVITZ et al., 1999). Nesse sentido, o tratamento da carcaça é fundamental para a qualidade bacteriológica da carne, pois a qualidade final pode ser comprometida quando há elevada carga microbiana inicial (METRI et al., 2006).

A utilização de agentes químicos na sanitização de carcaça destinados ao consumo humano, tem sido estudada na busca de reduzir a presença de micro-organismos patogênicos e deterioradores (BARUA; SHELEF, 1980; METRI et al., 2006). Alguns desses agentes de sanitização são os ácidos orgânicos, os quais podem ser empregados para diminuir a contaminação microbiana (SILVA et al., 2001). Segundo Corllet e Brown (1980), a ação antimicrobiana dos ácidos orgânicos de forma geral resulta da ação lipofílica durante o qual os íons de hidrogênio penetram a membrana celular do micro-organismos acidificando o seu interior e inibindo o transporte de nutrientes.

O ácido láctico, comumente empregado sob forma de aspersão em solução aquosa de 1% a 3%, é um produto natural, fisiológico e não tóxico, ainda apresenta efeito bactericida e bacteriostático (ANDERSON et al., 1991). Além do ácido láctico, podem ser empregados como sanitizantes de carcaça o ácido acético, ácido cítrico e ácido ascórbico, como também outras substâncias, como o bicarbonato de sódio a 1% e o peróxido de hidrogênio a 3%, além da nisina, que é um polipeptídeo antimicrobiano produzido por algumas cepas de *Lactococcus lactis*, a lactoferrina bovina derivada do leite, uma glicoproteína ligada ao ferro que é conhecida como um antimicrobiano natural (TAYLOR et al., 2004) e água clorada na concentração de 20 a 50 ppm (KOTULA et al., 1974; DICKSON; ANDERSON, 1991).

A aplicação de ácidos orgânicos de cadeia curta na superfície da carcaça e da carne, como o ácido láctico e o acético, é uma alternativa simples e de baixo custo usada para aumentar a sua resistência à deterioração microbiana (METRI et al., 2006).

Segundo Dickson (1988), Hardin et al. (1994), Silva (1995) e Rodriguez et al. (2004) o efeito desse tratamento depende do tipo e da concentração do ácido, do tempo de contato e do método de aplicação, da pressão, temperatura do ácido, volume da água utilizada, do ponto ou etapa na qual o sanitizante é utilizado, do tipo de tecido, como também do sensibilidade do micro-organismos. Para Rodriguez et al. (2004) o enxágue da carcaça com ácido láctico em combinação com a lavagem, limpeza a faca e água quente reduz até 4,2 a 5,0 log UFC/cm².

Considerando tais peculiaridades objetivou-se a abordagem teórica do efeito da lavagem da carcaça com ácidos orgânicos sobre os parâmetros qualitativos da carcaça e carne ovina.

2. MICROBIOTA DA CARNE

A carne é composta quimicamente por água, proteínas, lipídeos, substâncias nitrogenadas não proteicas, carboidratos e outras substâncias não nitrogenadas, além de componentes inorgânicos (PARDI et al., 1993). Com essa composição, a carne é um excelente meio de cultura para multiplicação da maioria dos micro-organismos, sendo um produto altamente perecível (SILVA et al., 2001). Além da composição química, a alteração microbiana da carne *in natura* é facilitada por outros fatores intrínsecos, entre eles, a atividade da água, o pH e o potencial de óxido-redução (PARDI et al., 1993).

A maioria dos micro-organismos presentes em alimentos refrigerados são bactérias aeróbias mesófilas e algumas delas são causadoras de toxinfecções alimentares. Entre esses micro-organismos podem ser incluídos *Salmonella* spp., *Clostridium botulinum*, *C. perfringens*, *Campylobacter* spp., *Escherichia coli* enterohemorrágica, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus* (VASCONCELOS et al., 2002; NAVENNA et al., 2006; CASTELLANO et al., 2008). Entre os grupos bacterianos mais comuns responsáveis pela indicação de contaminação da carne, incluem-se os coliformes que é constituído por todas as bactérias aeróbias ou anaeróbias facultativas, Gram-negativas, não esporuladas e na forma de bastonete, as quais fermentam a lactose com formação de gás dentro de 48 horas a 35°C.

Ao armazenar carnes de diferentes espécies, inclusive a ovina, durante alguns dias à temperatura ambiente se desenvolve um sabor (devido ao efeito microbiano) a ranço, devido à quebra de carboidratos e gorduras, e a pútrido por ruptura de proteínas (LAWRIE, 2005). Segundo alguns autores, quando a concentração de micro-organismos se encontra em torno de 10⁸/g de carne o sabor de pútrido já é bastante perceptível. Com base na portaria nº 451/97, de 19 de setembro de 1997 (BRASIL, 1997) que dispõe sobre as normas e padrões de controle de qualidade para alimentos, a carne fresca que apresentar *Salmonella* spp. em 25g de amostra é considerada inapta para o consumo humano.

3. FONTES DE CONTAMINAÇÃO

A contaminação das carcaças durante os procedimentos de abate é indesejável, entretanto, inevitável durante a conversão do animal vivo em carne para consumo (DICKSON; ANDERSON, 1991). Alguns países permitem o uso de métodos alternativos para a redução da população microbiana de superfície de carcaças. O processo de descontaminação de carcaças pode ser realizado por métodos físicos, como a limpeza à faca, limpeza a vácuo, o aquecimento da água acima de 74°C até 95°C, aplicação de vapor d'água sob pressão, entre outros, ou ainda por métodos químicos, pela utilização de sanitizantes (SILVA et al., 2001).

Nesse sentido, a legislação estabelece que ao fim das operações de abate haja a lavagem de carcaças com jatos de água potável, adequadamente tratada com cloro, sob pressão mínima de 3 atm (atmosferas) e temperatura de 38°C, objetivando a retirada de toda contaminação visível, como coágulos sanguíneos, esquirolas ósseas, pelos e outras sujidades, e possivelmente reduzir a população microbiana que ainda não se encontra fortemente aderida à superfície (BRASIL, 1997).

Os funcionários dos abatedouros se constituem em importantes fontes de contaminação da carne, podendo ser portadores de micro-organismos como *Salmonella* spp. e *Escherichia coli*. (DICKSON; ANDERSON, 1991). Contudo, Gill e McGinnis (2003), em sua pesquisa e revisão relatam que a média da população de bactérias recuperadas das mãos de funcionários que manipulam carne crua é de aproximadamente 8, 6 e 4 log UFC por mão, para aeróbios totais, coliformes totais e *E. coli*, respectivamente.

Outra fonte de contaminação no abate de ovinos são os equipamentos e ferramentas utilizadas nos procedimentos de abate, principalmente durante a esfolagem e evisceração, e com isso transferir micro-organismos para a carcaça. As facas são contaminadas primariamente por contato com superfícies ricas em bactérias, como a pele, conteúdo intestinal, abscessos e superfícies de linfonodos infeccionados incisos (SCVPH, 2001).

4. SANITIZAÇÃO DA CARÇAÇA E CARNE

A sanitização de carcaça e carnes com ácidos orgânicos é uma alternativa simples e de baixo custo que tem sido usada para aumentar a sua resistência à deterioração microbiana (SILVA et al., 2001). O efeito desse tratamento depende do tipo e da concentração do ácido, do tempo e do método de aplicação, como também do micro-organismos presentes (SILVA, 1995).

O método consiste na aplicação, por aspersão ou banho, com ácidos orgânicos dissolvidos em água, aumentando assim, a vida útil das carcaças (SILVA et al., 2001). Os mesmos autores afirmam que aumento da vida de prateleira da carne resfriada deve-se a redução da contaminação pela microbiota presente na parte externa, coberta por pelos, lã ou penas, e a parte interna, onde se localiza o trato intestinal. Portanto, o tratamento da matéria-prima é fundamental para a qualidade bacteriológica dos produtos elaborados, pois a qualidade final pode ser comprometida quando há elevada carga microbiana inicial (METRI et al., 2006).

Os sanitizantes que apresentam uma comprovada eficiência sobre as formas vegetativas bacterianas nas condições recomendadas para uso nas indústrias de alimentos são os agentes químicos compostos à base de amônia quaternária, ácido peracético e clorhexidina (SAMELIS; METAXOPOULOS, 1999). O sanitizante ideal é aquele que provoca rápida destruição dos micro-organismos contaminantes, ser seguro e atóxico, não ser irritante para os manipuladores, aprovado pelos órgãos oficiais de fiscalização, lavável, não apresentar efeitos prejudiciais aos alimentos, econômico, fácil de dosar e analisar, ser estável na formulação concentrada e em solução, hidrossolúvel, não corrosivo e compatível com outros produtos químicos e equipamentos (VIALTA et al., 2002).

Entre os sanitizantes mais utilizados em abatedouros estão os ácidos orgânicos de cadeia curta, entre eles, o ácido láctico e o ácido acético, em concentração de 1,5 a 2,5%, o cloro, em concentração de 20 a 50 ppm, entre outros. Segundo Corlett & Brown (1980), a ação antimicrobiana desses ácidos resulta de sua ação lipofílica, durante a qual os íons de hidrogênio penetram a membrana celular do micro-organismos, acidificando

o seu interior e inibindo o transporte de nutrientes. Portanto, os ácidos podem reduzir a população microbiana pelo abaixamento do pH dos tecidos da superfície da carne e pela mudança de permeabilidade na membrana da célula microbiana.

Por fim, todo o conjunto de intervenções para higienização de carcaças pode ajudar a obter controle sobre os aspectos de qualidade da carne (MCEVOY, 2004).

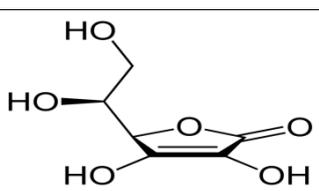
5. ÁCIDOS ORGÂNICOS

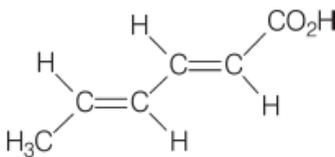
Os ácidos mais comuns com os quais convivemos são orgânicos, ou seja, aqueles contendo átomos de carbono. Destes, o maior grupo é o dos *ácidos carboxílicos*, que são os ácidos caracterizados pela presença do grupo funcional (COOH), a *carboxila*. Os ácidos carboxílicos têm propriedades organolépticas importantes, tanto que o sabor azedo característico foi o primeiro critério para classificação destes compostos. Dentre os ácidos orgânicos utilizados na indústria de carnes destacam-se o ácido acético, ácido cítrico, ácido láctico, ácido ascórbico e o ácido sórbico (SILVA et al., 2001; VASCONCELOS et al., 2002; FIORUCCI et al., 2002; METRI et al., 2006).

No caso dos ácidos orgânicos há um efeito antibacteriano específico. Agem diretamente como fortes inibidores do crescimento microbiano podendo ter uso na preservação de grãos e rações, sanitização da carne e como aditivo promotor de crescimento na ração (SILVA et al., 2001).

A Tabela 1 mostra as principais funções dos ácidos orgânicos na indústria alimentícia.

Tabela 1. Formulas moleculares, estruturais e função dos principais ácidos orgânicos utilizados na indústria de carnes.

Acido	Formula Molecular	Formula estrutural	Função
Acético	C ₂ H ₄ O ₂	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_3\text{C}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	- Redução de pH - Controle de crescimento microbiano - Aromatizante
Lático	C ₃ H ₆ O ₃	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	- Regulador de acidez - Conservante - Acidulante
Cítrico	C ₆ H ₈ O ₇	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{CO}_2\text{H} \\ \\ \text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H} \end{array}$	- Acidulante - Aromatizante - Agente quelante
Ascórbico	C ₆ H ₈ O ₆		- Antioxidante - Estabilizante

Sórbico	$C_6H_8O_2$		- Antimofó
---------	-------------	--	------------

Adaptado de Fiorucci et al. (2002).

Ácido acético - é o principal ingrediente do vinagre. Seu nome deriva do Latim *acetum*, que significa azedo. Conhecido e usado há tempos pela humanidade, é usado como condimento e conservante de alimentos. A oxidação aeróbica, por bactérias do gênero *Acetobacter*, do álcool a ácido acético diluído (8%) é um processo antigo, que produz o vinagre, uma solução de ácido acético aromatizada, obtida pela fermentação do vinho, da cidra, do malte ou do álcool diluído. O ácido acético para uso industrial e em laboratórios é comercializado na forma de ácido acético glacial (~99,5%), assim chamado porque em dias frios se solidifica com aspecto de gelo (P.F. 17 °C) (FIORUCCI et al., 2002).

Ácido láctico - Segundo Gomide et al. (2006), no Brasil a utilização do ácido láctico é regulamentada, por ser um produto natural, fisiológico e não tóxico, com efeito bactericida e bacteriostático. é um dos mais amplamente distribuídos na natureza e um dos principais ácidos formados durante os processos fermentativos naturais. Produzido por meio da fermentação bacteriana da lactose, açúcar do leite, pelo *S. lactis*. Fabricado industrialmente pela fermentação controlada de hexoses de melaço, milho e leite, é empregado na neutralização da cal, no curtimento de couros, e na indústria alimentícia, como acidulante (FIORUCCI et al., 2002). A legislação brasileira permite sua aplicação em quantidade suficiente para se obter o efeito desejado, sendo geralmente usadas soluções aquosas de 1 a 3%, aplicados nas meias-carcaças por aspersão (GOMIDE et al., 2006).

Ácido cítrico - é o responsável pela acidez de frutas cítricas. Para emprego industrial, o ácido cítrico é fabricado pela fermentação aeróbica do açúcar bruto (sacarose) ou açúcar de milho (dextrose) por uma casta especial de *Aspergillus niger*. Seu maior emprego é como acidulante em bebidas carbonatadas e alimentos. No campo médico, é empregado na fabricação de citratos e de sais efervescentes (FIORUCCI et al., 2002).

Ácido ascórbico - conhecido como vitamina C, tem seu nome químico representando duas de suas propriedades: uma química e outra biológica. Em relação à primeira, é um ácido, embora este não pertença claramente à classe dos ácidos carboxílicos. Sua natureza ácida em solução aquosa deriva da ionização de uma hidroxila de um dos grupos enólicos ($pK_a = 4,25$) (FIORUCCI et al., 2002).

Ácido sórbico - é encontrado em muitas plantas, e empregado como fungicida, conservante em alimentos e na manufatura de plásticos e lubrificantes (FIORUCCI et al., 2002).

Outro produto usado como coadjuvante de tecnologia na função de agente de controle de micro-organismos na lavagem de carcaças é o ácido paracético, que também pode ser aplicado em quantidade suficiente para obter o efeito desejado, sem, no entanto, deixar resíduos no produto (GOMIDE et al., 2006).

A eficiência destes compostos na redução de patógenos varia em função da concentração do ácido utilizado, da temperatura do ácido, do tempo de contato, da pressão utilizada, do ponto ou etapa na qual o sanitizante é utilizado, do tipo de tecido e da sensibilidade do micro-organismos ao ácido utilizado (HARDIN et al., 1994).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de ácidos orgânicos na lavagem ou pulverização de carcaça e carne de ovinos não deve, em hipótese alguma, mascarar as más condições de higiene nas linhas de abate. É importante o direcionamento de pesquisas que busquem formas alternativas de uso e advento de soluções naturais para o tratamento e melhoria da qualidade, físico-químicas, sensoriais e microbiológica das carcaças e da carne, sobretudo, quando se objetiva o atendimento a demanda dos consumidores mais exigentes com produtos de qualidade superior.

7. REFERÊNCIAS

- ANDERSON, M. E.; MARSHAL, R. T.; DICKSON, I. S. Efficacies of acetic, lactic and two mixed acids in reducing numbers of bacteria on surfaces of lean meat. **Journal of Food Safety**, v. 12, n. 2, p. 139-147, 1991.
- BARUA, M.; SHELEF, L. A. Growth supression of pseudomonas by glucose utilization. **Journal food Science**, v. 45, n. 2, p. 349-351, 1980.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria n° 451/97, de 19 de setembro de 1997, dispõe sobre as normas e padrões de controle microbiológico para alimentos**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, 22 setembro de 1997.
- CASTELLANO, P.; BELFIORE, C.; FADDA, S.; VIGNOLO, G. A review of bacteriocinogenic lactic acid bacteria used as bioprotective cultures in fresh meat produced in Argentina. **Meat Science**, v. 79, n. 3, p. 483-499, 2008.
- CORLETT, D. A.; BROWN, M. H. **pH and acidity**. In: Silliker, J. H. *Microbiol Ecology of Foods*, v. 1, n. 3, p. 92-110, 1980.
- COSTA, R. G.; CARTAXO, F. Q.; SANTOS, N. M.; QUEIROGA, R. C. R. E. Carne caprina e ovina: Composição lipídica e características sensoriais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 3, p. 497-506, 2008.
- DICKSON, J. S. Reduction of bacteria attached to meat surfaces by washing with selected compounds. **Journal of Food Protection**, v. 51, n. 11, p. 869-873, 1988.
- DICKSON, J. S.; ANDERSON, M. E. Microbiological decontamination of food animal carcasses by washing and sanitizing systems: a review. **Journal of Food Protection**, v. 55, n. 2, p.133-140, 1991.
- FIORUCCI, A.R.; SOARES, M.H.F.B.; CAVALHEIRO, E.T.G. Ácidos orgânicos: dos primórdios da química experimental a sua presença em nosso cotidiano. **Química Nova na Escola**, [s.v.] n. 15, p. 6-10, 2002.
- GILL, C. O.; MCGINNIS, J. C. Microbiological effects of hand washing at a beef carcass-breaking facility. **Journal of Food Protection**, v. 66, n. 3, p.493-496, 2003.
- GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Tipificação de carcaças**. 1.ed. Viçosa: UFV, 2006.
- HARDIN, M. D.; ACUFF, G. R.; OMAN, J. S.; SAVELL, J. W. Comparison of methods for decontamination from beef carcass surfaces. **Journal of Food Protection**, v. 58, n. 4, p. 368-374, 1994.
- KOTULA, A. W.; LUSBY, W. R.; CROUSE, J. D.; de VRIES, B. Beef carcass washing to reduce bacterial contamination. **Journal of Animal Science**, v. 39, n. 4, p. 674-679, 1974.
- KRAVITZ, J. D.; NYAPHHIS, M.; MANDEL, R.; PETERSON, E. Quantitive bacterial examination of domestic water supplies in the Lesotho Highlands: water quality,

- sanitation, and village health. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 77, n. 10, p. 829-839, 1999.
- LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. Trad. Jane Maria Rubensam. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.
- McEVOY, J. M.; SHERIDAN, J. J.; BLAIR, I. S.; McDOWELL, D. A. Microbial contamination on beef in relation to hygiene assessment based on criteria used in EU Decision 2001/471/EC. **International Journal of Food Microbiology**, v. 92, v.2, p. 217-225, 2004.
- MEDEIROS, G.R.; CARVALHO, F.F.R; FERREIRA, M.A.; ALVES, K.S.; MATTOS, C.W.; SARAIVA, T.A.; NASCIMENTO, J.F. Efeito dos níveis de concentrado sobre os componentes não carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1063-1071, 2008.
- METRI, J. C.; ANDRADE, S. A. C.; MACHHADO, E. C. L.; SHINOHARA, N. K. S.; BISCONTINI, T. M. B. Controle bacteriológico de carne caprina para elaboração de hambúrguer caprino defumado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 3, p. 427-431, 2006.
- NAVEENA, B. M.; MUTHUKUMAR, M.; SEM, A. R.; BABJY, Y.; MURTHY, T. R. K. Improvement of shelf-life of buffalo meat using lactic acid, clove oil and vitamin C during retail display. **Meat Science**, v. 74, n. 2, p. 409-415, 2006.
- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. v.1. Goiânia: CEGRAF-UFG / Niterói: EDUFF, 1993.
- ROÇA, R. O.; SERRANO, A. M. Operações de abate de bovinos. **Higiene Alimentar**, v. 8, n. 34, p. 14-20, 1994.
- RODRIGUEZ, G.; ACUFF, G. R.;CASTILLO, A. **Development of a carcass sanitizing spraying system for small and very small slaughterhouses: final report to FSIS-TPDS**. Texas A&M University. Oct. 2004.
- SAMELIS, J.; METAXOPOULOS, J. Incidence and principal sources of *Listeria* spp. and *Listeria monocytogenes* contamination in processed meats and a meat processing plant. **Food Microbiology**, v. 16, n. 5, p. 465-477. 1999.
- SCVPH. **Opinion of the scientific committee on veterinary measures relating to public health: the cleaning and disinfection of knives in the meat and poultry industry**. European Commission, 20-21 jun. 2001.
- SILVA, J. A. **Extensão da vida-de-prateleira da carne bovina pela utilização de sanitizantes físicos e químicos**. 1995, 119 f. Tese (Doutorado), Unicamp, São Paulo, 1995.
- SILVA, J. A.; SOARES, F. L.; COSTA, L. E. Sanitização de carcaças de frango com soluções de ácidos orgânicos comerciais e suco de limão. **Revista Tecnologia de Carnes**, v. 23, n. 1, p. 19-26, 2001.
- TAYLOR, S.; BROCK, J.; KRUGER, C.; BERNER, T.; MURPHY, M. Safety determination for the use of bovine milk-derived lactoferrin as a component of an antimicrobial beef carcass spray. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 39, n.1, p. 12-24, 2004.
- VASCONCELOS, E. C.; ZAPATA, J. F. F.; FIGUEIREDO, E. A.; CASTELO BRANCO, M. A. A.; BORGES, A. S. A microbiota da carcaça e da carne ovina tratada com ácido acético, embalada a vácuo e maturada por 48 dias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 3, p. 272-277, 2002.
- VIALTA, A.; MORENO, I.; VALLE, J. L. E. **Boas Práticas de Fabricação, Higienização e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle na Indústria de Laticínios: 1 – Requeijão**. Indústria de Laticínios, p. 56-63, jan-fev, 2002.

ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO INICIAL E CARACTERIZAÇÃO MORFOANATÔMICA DO SISTEMA SUBTERRÂNEO DE *Amburana cearensis* (ARR. CAM.) A.C. SMITH (FABACEAE)

Graziela Cury¹, Islan dos Santos Silva¹, Jordana Rosilda Lins Araujo¹

¹Universidade Federal de Alagoas, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde,
e-mail: grazielacury@hotmail.com

RESUMO

Amburana cearensis (Arr. Cam.) A.C. Smith, Fabaceae, é conhecida popularmente como cerejeira ou amburana, possui propriedades medicinais e ocorre principalmente em áreas de Caatinga. Possui capacidade de resistir a condições adversas do meio graças à presença de um órgão subterrâneo espessado que lhe confere poder de rebrota. A literatura refere-se a esse órgão como uma raiz tuberizada ou xilopódio, entretanto, apenas estudos morfológicos foram realizados, sendo insuficientes para determinar sua natureza estrutural, fazendo-se necessárias análises anatômicas. Para propor uma correta classificação desse órgão, este trabalho teve o objetivo de investigar sua estrutura morfoanatômica em vários estágios de desenvolvimento. Para tanto, foram selecionados indivíduos jovens com o órgão já desenvolvido e em processo de rebrota e também exemplares provenientes de ensaios de germinação. Todas as amostras foram processadas segundo técnicas convencionais em anatomia vegetal para a obtenção de lâminas histológicas. Os resultados revelaram origem caulinar do órgão, resultante do espessamento do hipocótilo e observou-se tuberização de outros órgãos, como raízes adventícias e raízes laterais, o que nos permitiu concluir que, na verdade, essa espécie possui um sistema subterrâneo tuberizado formado por hipocótilo, raízes principal, laterais e adventícias que podem variar no grau de tuberização, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta.

PALAVRAS-CHAVE: Anatomia vegetal, Caatinga, Caule subterrâneo.

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro e ocupa 7% da região nordeste do país, sendo o mais desvalorizado e mal conhecido botanicamente, devido a uma crença injustificada, de que a Caatinga é o resultado da modificação de outra formação vegetal, estando associada a uma diversidade muito baixa de plantas, sem espécies endêmicas e altamente modificadas por ações antrópicas. No entanto, esse bioma contém uma grande variedade de tipos vegetacionais, com elevado número de espécies e também remanescentes de vegetação ainda bem preservada, que incluem um número expressivo de táxons raros e endêmicos (GIULIETTI et al., 2004).

Amburana cearensis (Arr. Cam.) A.C. Smith, é uma espécie natural da Caatinga, podendo ocorrer também em outras regiões. É conhecida popularmente como cerejeira, cumaru, amburana, cumuru-do-ceará ou imburana-de-cheiro (LOUREIRO et al., 2013), possui porte arbóreo, podendo chegar a 10 metros de altura nas regiões da Caatinga (CORRÊA, 1978; LORENZI, 1992) e até 20 metros na Zona da Mata (LORENZI, 1992). É amplamente empregada na medicina popular na forma de chá, preparado a partir da periderme do caule, contra inflamações, asma, tosse e bronquite (CANUTO; SILVEIRA, 2006) e também suas sementes podem ser utilizadas contra doenças reumáticas (TIGRE, 1968; BRAGA, 1976). Sua madeira teve papel relevante na economia nordestina por ter sido muito utilizada na indústria moveleira, e de acordo com Loureiro et al. (2013), devido a esse extrativismo, suas populações naturais foram reduzidas drasticamente, estando hoje na lista das espécies ameaçadas de extinção, na categoria em perigo, publicada pela IUCN.

Em relação ao seu uso para a recuperação de áreas degradadas *A. cearensis* sempre representou importante papel em projetos de reflorestamento devido à sua capacidade de resistir a condições adversas do meio (LABOURIAU, 1964), por possuir um órgão subterrâneo espessado, com presença de compostos de reserva (RIZZINI, 1965) e também por apresentar potencial de rebrota.

Os poucos trabalhos presentes na literatura (LABOURIAU, 1964; FELICIANO, 1989; CUNHA; FERREIRA, 2003; LOUREIRO et al., 2013) relacionados à presença e origem desse órgão em *A. cearensis*, referem-se a ele como uma raiz tuberizada, enquanto Canuto et al. (2010) determinaram-no como xilopódio. No entanto, esses trabalhos não trazem qualquer informação a respeito de sua origem e são baseados somente em análises morfológicas, de germinação de sementes ou do desenvolvimento inicial da planta, mas em nenhum deles houve a preocupação de determinar sua natureza estrutural através de análises anatômicas.

Diante da necessidade de uma correta aplicação terminológica para o órgão subterrâneo tuberizado presente em *A. cearensis*, este trabalho teve o objetivo de analisar sua estrutura morfoanatômica, em diversos estágios de desenvolvimento, visando fornecer dados que possam ser utilizados na investigação de sua natureza estrutural.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Dentre os indivíduos analisados, oito deles eram jovens, mudas com parte aérea de 10 a 25 cm de comprimento e com órgão subterrâneo bem desenvolvido, foram coletados no município de Olho d'Água do Casado (AL) (0633203/8952194 UTM) e trazidos para o *Arboretum* do ICBS na Universidade Federal de Alagoas. Os outros foram provenientes de experimentos de germinação, permitindo o acompanhamento do

desenvolvimento inicial da plântula em vários estágios de desenvolvimento. Tanto os indivíduos jovens quanto os derivados do experimento de germinação foram fixados em FAA 70 (JOHANSEN, 1940) por 24 horas e armazenado em álcool 70%. A coleta para fixação das plântulas obtidas na germinação, foi realizada seguindo uma escala com intervalo de 3 dias entre a quantidade total de dias após a emissão da raiz principal, considerado como o primeiro, o dia de germinação até o 15º dia, e, após isso, o intervalo de dias entre a quantidade total de dias passou de 3 para 10 dias até o 87º dia.

As amostras foram fragmentadas em diferentes níveis (Figura 1C) e a partir de cada fragmento foram obtidos cortes à mão, respeitando sempre a sequência do desenvolvimento do órgão do ápice para a base. Após a serem seccionados, os cortes foram clarificados com água sanitária comercial diluída a 20% e corados com azul de Astra e safranina (Johansen 1940) para obtenção de lâminas histológicas e posterior análise em microscopia óptica. Para a análise dos compostos de reserva foi realizada detecção de hidratos de carbono, com o uso dos reagentes lugol, para detecção de amido, azul de Alciano para polissacarídeos ácidos e vermelho de rutênio para pectinas (FIGUEIREDO et al., 2007).

Após a análise realizada no Laboratório de Anatomia e Morfologia Vegetal (Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde – UFAL) as imagens foram obtidas em Microscópio Olympus BX51, com câmera acoplada Olympus DP25, software Olympus DP2-BSW no Laboratório de Biologia Celular (Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde – UFAL).

3. RESULTADOS

A análise morfológica dos órgãos subterrâneos espessados de *A. cearensis*, provenientes dos indivíduos jovens, revelou que o órgão possui 5,0 cm de comprimento e 2,0 cm de diâmetro em média, é uma estrutura pouco rígida e consistente, assemelhando-se a uma raiz tuberosa e, por vezes, apresentando porções dilatadas distintas por diferenças no grau de espessamento (Fig. 1A (A3, A6)).

Através das análises anatômicas (Fig. 1B) observou-se ao longo de toda a sua estrutura crescimento secundário, com periderme como tecido de revestimento, formada por até 20 camadas celulares, as quais se apresentaram em porções lignificadas e porções não lignificadas. Ao longo do órgão foram observadas, em diferentes áreas, a constante atividade do felogênio formando lenticelas e, internamente a elas observou-se o córtex com muitas células parenquimáticas contendo amido como substância de reserva. Também foram visualizadas muitas fibras gelatinosas entre as células de parênquima, isoladas ou agrupadas de duas a três. O floema primário apresentou células obliteradas em camadas distintas e, ocorrendo por vezes, células parenquimáticas entre elas e o floema secundário apresentou-se composto por muitas células parenquimáticas e, entre estas, poucos grupos isolados de elementos de tubo crivado e células companheiras. No xilema secundário foram observadas muitas células de parênquima axial contendo grande quantidade de amido e poucos elementos de vaso solitários ou agrupados em até quatro células dispersas entre as células de parênquima axial. Ao redor dos elementos de vaso ocorrem células de parênquima axial em processo de divisão. O parênquima radial é observado ora composto por duas fileiras de células, ora por três. No centro do órgão foi visualizado o xilema primário endarco, com maturação centrífuga e a medula apresentou-se com células parenquimáticas volumosas contendo amido.

As análises morfológicas dos exemplares derivados do experimento de germinação (Fig. 1A (A1, A2, A4, A5) e Fig. 1C) revelaram que no início do desenvolvimento da planta o órgão que sofre tuberização é o hipocótilo e a partir dele podem ser emitidas raízes adventícias e a raiz primária pode ser degenerada ou estar presente e permanecer até os estágios mais avançados de desenvolvimento (Fig. 1A (A3, A6)).

As análises anatômicas do hipocótilo, nos primeiros estágios de desenvolvimento (Fig. 1C), revelaram uma estrutura com epiderme, córtex parenquimático, cilindro vascular e medula, porém, antes mesmo do aparecimento do câmbio observou-se a instalação do felogênio para a formação da periderme. Em estrutura primária foi confirmada sua natureza caulinar, visto que o xilema primário é endarco, com maturação centrífuga. Com o desenvolvimento da estrutura secundária ocorre também avanço no processo de tuberização a partir da proliferação de células parenquimáticas. Na porção inferior do hipocótilo, já bem próxima à raiz primária, foi observado que o xilema primário não se apresenta mais bem organizado, mas em posição alterada devido à transição para a raiz primária.

As porções dilatadas distintas por diferenças no grau de espessamento, descritas nas análises morfológicas, apresentaram estrutura anatômica de raiz principal (Fig. 1D) e raiz adventícia com xilema primário exarco. Tanto na raiz adventícia, quanto na raiz principal, foi observada medula e variação na quantidade de pólos de protoxilema, entre os dois tipos de raízes.

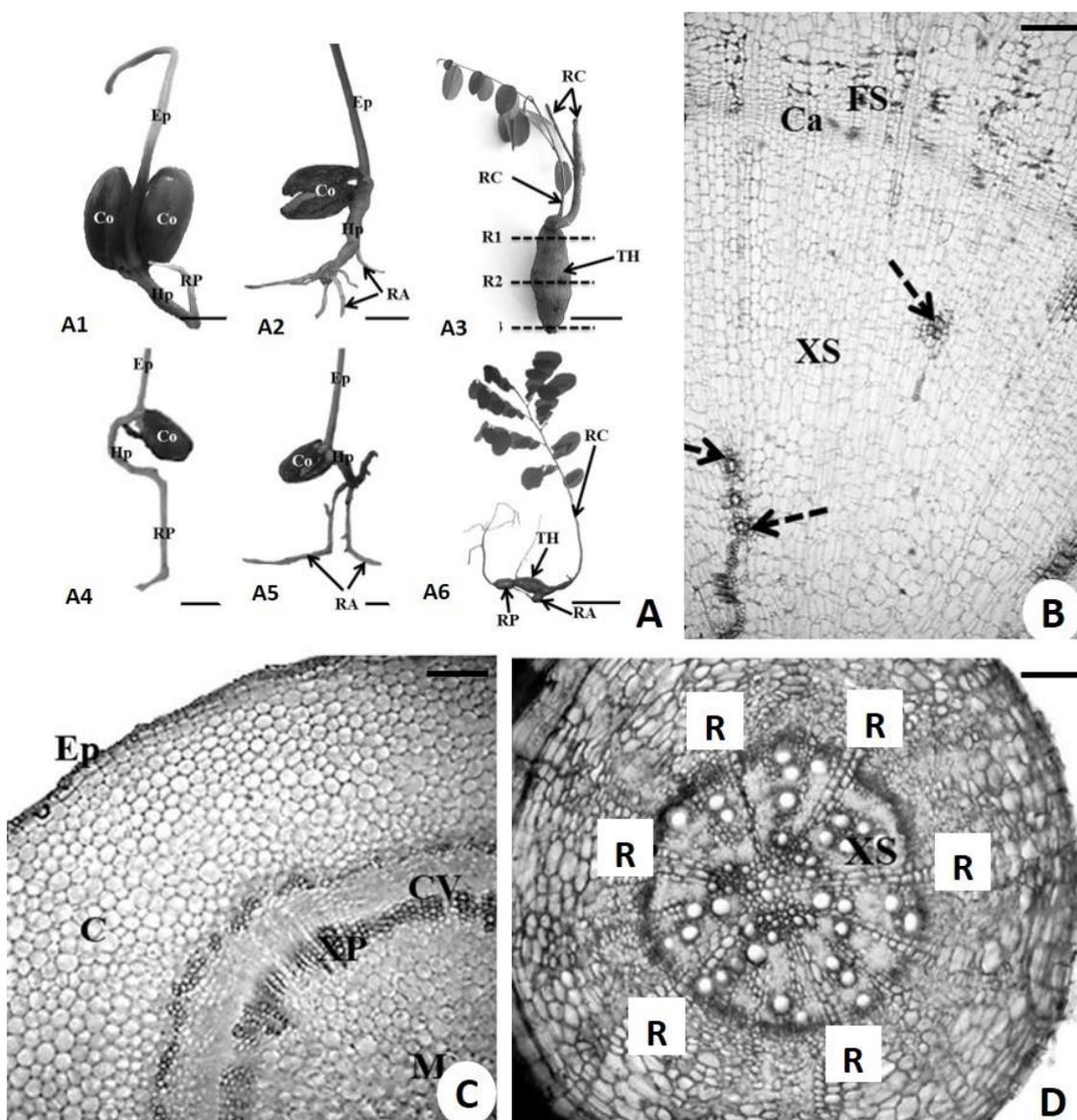


Figura 1. A) Diferntes estágio de desenvolvimento do órgão subterrâneo após a germinação. A1) Primeira fase após agerminação. A2) Desenvolvimento do órgão com produção de raízes. A3) Hipocótilo tuberizado com rebrota caulinar. A4) Órgão com raiz primária em degeneração. A5) Órgão com raiz primária degenerada e emissão de raízes adventícias. A6) Órgão com ramo caulinar desenvolvido. B) Corte transversal do tubérculo hipocotiledonar. C) Corte transversal do hipocótilo em crescimento primário; D) Corte transversais da raiz primária. C = córtex; Ca = câmbio; Co = cotilédone; CV = cilindro vascular; Ep = epiderme; FS = floema secundário; Hp = hipocótilo; M = medula; R = raio; RA = raiz adventícia; RC = ramo caulinar; RP = raiz primária; TH = tubérculo hipocotiledonar; XS = xilema secundário; setas tracejadas = proliferação de células parenquimáticas. Barras: C = 150 mm. D = 200 mm.

Foi observado que a tuberização ocorre, em todos os órgãos, pela proliferação de células parenquimáticas, por divisões anticlinais e periclinais do córtex e do parênquima axial e radial, o qual invade a área da medula e funde-se a ela. Nas raízes também foi notada a atividade meristemática da endoderme constituindo o córtex interno.

4. DISCUSSÃO

As análises morfológicas e anatômicas revelaram a presença de uma periderme espessa com células lignificadas e células não lignificadas. A periderme, por ser um importante tecido de revestimento das plantas em crescimento secundário, atua também contra a perda de água (MAZZONI-VIVEIROS, 2012) e auxilia na adaptação da planta em condições adversas, como as condições edáficas e climáticas dos locais onde *A. cearensis* comumente desenvolve-se.

Como produto da atividade do felogênio também foi verificada a formação de lenticelas ao longo do órgão. Essas estruturas são caracterizadas pelo aumento de espaços intercelulares nas células da periderme (RICHTER et al., 1996), visualizadas na superfície de caules e raízes (ESAU, 1976; SOUZA, 2003) e podem formar-se no lado interno do órgão, na mesma direção em que havia o estômato na epiderme original (CUTLER et al., 2008) ou no lado oposto das raios vasculares largos, apesar de essa relação posicional não ser constante (ESAU, 1976) e, de acordo com esses autores, sua função é auxiliar nas trocas gasosas, o que é primordial em órgãos subterrâneos.

Grande quantidade de células contendo amido foi observada tanto no córtex, quanto no parênquima axial e radial do xilema secundário e também na medula do órgão. Essa substância constitui fonte de reserva para a planta, fornecendo a energia necessária que permite a rebrota da parte aérea nos períodos favoráveis, mantendo o indivíduo vivo, em um estado dormente, na época de condições adversas (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CURY, 2011).

Também no córtex foram encontradas muitas fibras gelatinosas com aspecto plasmolisado. De acordo com Scatena e Scremin-Dias (2012) essas fibras são pobres em lignina e possuem capacidade de absorver e de perder água podendo ficar intumescidas ou murchas, dependendo da necessidade da planta, de acordo como regime hídrico ao qual ela está submetida.

De acordo com as características anatômicas acima mencionadas é possível relacionar suas funções, com sua capacidade de adaptação e sobrevivência em ambientes hostis ou em locais que, periodicamente, passam por condições extremas de stress, o que, desta forma, justifica o uso da espécie para recuperação de áreas degradadas e sua importância em projetos de reflorestamento.

No que diz respeito à origem do órgão subterrâneo espessado de *A. cearenses*, Labouriau et al. (1964), Feliciano (1989) e Loureiro et al. (2013) referem-se a ele como uma raiz tuberosa e Cunha e Ferreira (2003) acrescentam que sua origem possa ser atribuída à tuberização da raiz principal. No entanto, todos o descrevem com base apenas na sua morfologia externa, sem análises anatômicas, que confirmem essas informações.

Já Canuto et al. (2010) propôs o termo xilopódio porém, sabe-se que este é uma estrutura lignificada, de consistência seca e tão dura quanto a madeira, sendo um órgão perene, sem células de armazenamento e com capacidade de auto enxertia (APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2015). Segundo as análises morfoanatômicas realizadas no presente estudo ficou claro que o órgão em questão é de estrutura caulinar, logo o termo raiz tuberosa utilizada pela maioria dos autores, é errônea, pois, segundo Appezzato-da-Glória (2015), este termo denomina estruturas radiculares tuberizadas. O órgão citado é de natureza caulinar, hipocotiledonar e, desta forma, de acordo com a mesma autora, o termo mais apropriado seria tubérculo hipocotiledonar, visto que esta descreve essa estrutura como sendo de origem no hipocótilo.

Em relação à ocorrência de medula na raiz principal, essa característica pouco comum nesse órgão, justifica-se por sua proximidade e fusão com a estrutura caulinar

do hipocótilo, como descrito por Appezzato-da-Glória (2015) para a formação do xilopódio.

No órgão caulinar analisado, foram observadas divisões das células parenquimáticas ao redor dos elementos de vaso, o que contribui para sua tuberização. No entanto, essas divisões não podem ser consideradas como o resultado de câmbios acessórios como descritos nas raízes tuberizadas de *Pachyrhizus ahipa* (Fabaceae) (MILANEZ e MORAES-DALLAQUA, 2003), pois, como as autoras conceituaram, os câmbios acessórios são formados a partir da retomada da atividade de divisão celular do parênquima do xilema secundário, o que também foi observado em *A. cearensis*, porém, de maneira concêntrica, ao redor dos elementos de vaso, o que não ocorre na espécie deste estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Científica aos dois primeiros autores, à Profa. Dra. Flávia de Barros Prado Moura (ICBS-UFAL) por ceder os espécimes e ao Prof. Dr. Doutor Jorge Luiz Lopes da Silva (ICBS-UFAL) por fornecer informações sobre a ocorrência e a localização dos indivíduos, à Dra. Adriana Hissae Hayashi (IBot-SP) por sua valiosa contribuição e ao Prof. Dr. Emiliano de Oliveira Barreto (ICBS-UFAL) por permitir o uso do equipamento de captura de imagens do Laboratório de Biologia Celular.

5. REFERÊNCIAS

- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. **Morfologia de Sistemas Subterrâneos de Plantas**. Belo Horizonte: Editora 3i, 2015.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CURY, G. Morpho-anatomical features of underground systems in six Asteraceae species from the Brazilian Cerrado. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 83, n. 3, p. 195-237, 2011.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. Fortaleza: ESAM, 1976.
- CANUTO, K.M.; SILVEIRA, E.R. Constituintes químicos da casca do caule de *Amburana cearenses* A.C. Smith. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1241-124, 2006.
- CANUTO, K.M.; SILVEIRA, E.R.; BEZERRA, A.M.E. Estudos fitoquímicos de espécimens cultivados de Cumuru (*Amburana cearenses* A. Smith). **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 662-666, 2010.
- CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: IBDF, 1978.
- CUNHA, M.C.L.; FERREIRA, R.A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearenses* (Arr.Cam.) A.C. Smith - Cumaru – Leguminosae - Papilionoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p. 89-96, 2003.
- CUTLER, D.F.; BOTHA, C.E.J.; STEVERSON, D.W. **Plant anatomy: an applied approach**. New Jersey: Blackwell Publishing Ltd, 2008.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes. Tradução Berta Lange de Morretes**. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.
- FELICIANO, A.L.P. **Estudo da germinação de sementes e desenvolvimento da muda, acompanhado de descrições morfológicas de dez espécies arbóreas ocorrentes no Semiárido nordestino**. 1989. 114f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

- GIULIETTI, A.M.; GAMARRA-ROJAS, C.F.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; VIRGÍNIO, J.F.; QUEIROZ, L.P.; FIGUEIREDO, M.A.; RODAL, M.J.N.; BARBOSA, M.R.V.; HARLEY, R.M. (2003) **Diagnóstico da vegetação nativa da Caatinga**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18267/1/Biodiversidade_Caatinga_parte2.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2016.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw - Hill Book, 1940.
- KRAUS, J.E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1997.
- LABOURIAU, L.G.; VÁLIO, I.F.M.; HERINGER, E.P. Sobre o sistema reprodutivo de plantas do cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 36, n. 4, p. 449-464, 1964.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, v. 1, 2**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992.
- LOUREIRO, M. B. Aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de sementes e plântulas de *Amburana cearensis* (Fr. All.) A.C. Smith. (LEGUMINOSAE – PAPILIONOIDEAE). **Revista Árvore**, v. 37, n. 4, p. 679-689, 2013
- MAZZONI-VIVEIROS, S.C.; COSTA, C.G. Periderme. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA BA, CARMELLO-GUERREIRO SM (Orgs.). **Anatomia vegetal**. Viçosa: Editora UFV, 2012. p. 223-245.
- MILANEZ, C.R.D.; MORAES-DALLAQUA, M.A. Ontogênese do sistema subterrâneo de *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi (Fabaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 3, p. 415-427, 2003.
- RICHTER, H.G.; MAZZONI-VIVEIROS, S.C.; ALVES, E.S.; LUCHI, A.E.; COSTA, C.G. Padronização de critérios para a descrição anatômica da casca: lista de características e glossário de termos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 16, n. 1, p. 1-25, 1996.
- RIZZINI, C.T. Estudos experimentais sobre o xilopódio e outros órgãos tuberosos de plantas do Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro**, v. 37, n. 2, p. 87-113, 1965.
- SCATENA V.L.; SCREMIN-DIAS, E. Parênquima, colênquima e esclerênquima. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA B.A.; CARMELLO-GUERREIRO, S.M. (Orgs.). **Anatomia vegetal**. Viçosa: Editora UFV, 2012. p. 105-121.
- SOUZA, L.A. **Morfologia e anatomia vegetal: células, tecidos órgãos e plântula**. Ponta Grossa: UEPG, 2003.
- TIGRE, C.B. **Silvicultura para as matas xerófilas**. Fortaleza: DNOCS, 1968.

ANTAGONISMO *IN VIVO* DE *F. oxysporum* f. SP. *Phaseoli*. POR CEPAS DE *Trichoderma* spp. E PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM FEIJOEIRO- COMUM (*Phaseolus vulgaris* Linnaeus)

Milena da Silva Medeiros¹, Juliana Paiva Carnaúba¹, Tania Marta Carvalho dos Santos², João Manoel da Silva³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas Campus Murici, e-mail: milenasm@hotmail.com

²Laboratório de Microbiologia Agrícola, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas.

³Rede Nordeste de Biotecnologia, Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas.

RESUMO

O feijoeiro comum é uma cultura agrícola de enfática relevância para o país, sendo um dos componentes básicos da alimentação da população brasileira e por sua produção estreitamente relacionada a agricultura familiar, porém como as mais diversas culturas também é afetado por pragas e doenças, desta última se destacam as doenças provocadas por fungos, enfatizando o gênero *Fusarium* que abrange diversas espécies e subespécies que provocam murchas, podridões radiculares entre outras. Em oposição ao uso de agrotóxicos, que são produtos ligados a diversas problemáticas ambientais, a Agroecologia se utiliza de métodos, dentre eles o controle biológico, que consiste na utilização de micro-organismos antagonistas, neste ponto destaca-se os fungos do gênero *Trichoderma* que são utilizados pelo seu potencial antagonístico, mas também por serem capazes de promoverem o crescimento vegetal, funcionando de modo atóxico para o homem e animais. Visto isso, o presente trabalho buscou avaliar a capacidade patogênica do *F. oxysporum* e a capacidade antagonista e a promoção de crescimento das cepas de *Trichoderma* spp. no feijão comum, a partir de um experimento com o tratamento de sementes com o antagonista e patógeno, onde as plantas tratadas com o antagonista apresentaram dados mais significantes quanto ao desenvolvimento.

PALAVRAS-CHAVE: Feijão comum, Controle biológico, Agroecologia.

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) se destaca entre as culturas agrícolas do país, visto que é um dos componentes básicos da alimentação da população brasileira, sendo não só um alimento rico em proteínas, mas contendo também fibras, carboidratos complexos e outros componentes importantes como ácido fólico, ferro, zinco, magnésio e potássio (CIAT, 2002).

Nas regiões Norte e Nordeste, a importância da cultura do feijão não está limitada apenas aos quesitos alimentícios, mas também ao fator social, pois a agricultura familiar é enfatizada como maior produtora de feijão no país, segundo França et al. (2009), esta chegou a ser responsável por 70% da produção de feijão em 2006.

Porém, assim como as demais culturas agrícolas, o feijão sofre com os danos de pragas e doenças, que afetam as qualidades fisiológicas, nutricionais, sanitárias e produtivas da cultura, que provocam prejuízos de até 100% de perda no cultivo (BIAZON, 2003). Destacam-se as doenças provocadas por fungos, enfatizando o gênero *Fusarium* que compreende um número de espécies e subespécies responsáveis por provocar murchas, podridões radiculares, abortos florais, entre outras.

O uso de agrotóxicos é uma opção para o controle de pragas e doenças, porém esses produtos apresentam relações com problemáticas ambientais, dentre estas a contaminação de solos e água, bem como dos alimentos e animais, além de poder ocasionar um desequilíbrio no ecossistema, a partir da eliminação de organismos benéficos provocando uma redução da biodiversidade. (BETTIOL, 2008; ZILLI et al., 2003). Contudo, na Agroecologia, o enfoque são os métodos alternativos para controlar pragas e doenças, dentre eles o controle biológico, que consiste na utilização de microrganismos antagonistas.

Os fungos do gênero *Trichoderma* apresentam grande importância para a agricultura, a partir do seu potencial antagônico a diversos fungos fitopatogênicos, por meio da utilização de mecanismos de competição por nutrientes, hiperparasitismo contra fitopatogênicos e suas propriedades antifúngicas (HARMAN et al., 2004; SILVA et al., 2017).

Este gênero tem sido frequentemente estudado, posto que além de apresentarem um alto potencial de controlar diversas doenças, são capazes de promoverem o crescimento e induzir a resistência em diversas culturas (MOHAMED; HAGGAG, 2006; FORTES et al., 2007), tendo como vantagem adicional, agirem de modo atóxicos aos homens e animais (MERTZ et al., 2009).

Nesse aspecto, é importante atentar-se aos caracteres relacionados aos aspectos ecológicos do gênero *Trichoderma*. Desse modo, a grande utilização de cepas do gênero na agricultura é devida a sua forte interação positiva com as plantas, especialmente pelo fato de serem fungos naturalmente encontrados nos solos (VINALE et al., 2008).

Monte (2001) discorrendo sobre o uso de espécies do gênero *Trichoderma* afirma que as pesquisas relacionadas a esses fungos são conhecidas desde a década de 1970, porém seu enfoque e utilização de cepas comerciais levaram décadas, devido ao fato da resistência dos agricultores, especialmente ao se comparar com os agrotóxicos, pois acreditava-se que estes seriam mais eficientes do que o uso de agentes biológicos no controle de doenças de plantas.

Visto que a utilização do gênero *Trichoderma* para controle biológico pode se apresentar benéfica tanto para a redução de agrotóxicos utilizados na agricultura convencional, quanto sendo uma alternativa funcional e sustentável dentro do sistema de produção orgânica, objetivou-se por meio desse trabalho avaliar o potencial antagonista de cepas de *Trichoderma spp.* contra *F. oxysporum f. sp. phaseoli*.

2. METODOLOGIA

As atividades foram realizadas no laboratório de Microbiologia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA/UFAL), no município de Rio Largo. O isolado de *F. oxysporum* utilizado foi cedido pelo Laboratório de Fitopatologia Molecular CECA-UFAL. As cepas de *Trichoderma* utilizadas no experimento (TCS1, TCS2, TCS3 e TCS4) foram isoladas de solo natural de Mata Atlântica, e as mesmas estão devidamente identificadas e depositadas na coleção de micro-organismos do laboratório de Microbiologia CECA-UFAL. Assim, todos os fungos (patógeno e antagonista) foram crescidos por cinco dias em placas de Petri contendo meio de cultura Batata Dextrose Agar (BDA).

2.1 Teste de patogenicidade em sementes

Para infecção das sementes, foram selecionadas 100 sementes de feijão-comum, as quais foram submetidas à assepsia por meio da imersão em hipoclorito de sódio 1% (v/v) por um minuto, álcool 70% (v/v) por 30 segundos e tripla lavagem em água destilada estéril. Posteriormente, as mesmas foram colocadas sobre uma bandeja de polipropileno e posta em câmara de fluxo laminar com ventilação para secagem.

Em seguida, as sementes foram colocadas em placas de Petri contendo crescimento (micélio e conídios) de *F. oxysporum* em meio BDA+Manitol com cinco dias de incubação e mantidas por 24h. Após esse período, as sementes foram dispostas em papel GermTest e umedecidas com água destilada estéril por autoclavagem e incubadas por 48h. Passado esse período, foi avaliada a germinação das sementes e a quantidade de sementes infectadas, por meio da presença de estruturas do patógeno.

Em paralelo, foi realizado o teste de germinação das sementes, segundo a metodologia proposta pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009).

2.2 Teste de patogenicidade e antagonismo em sementes

O patógeno foi inoculado em placas de Petri contendo meio BDA+Manitol. Após oito dias de crescimento, as sementes esterilizadas foram dispostas nas placas sobre o crescimento fúngico, cobrindo toda a sua superfície e incubados por mais cinco dias sob temperatura ambiente.

Após cinco dias, as sementes foram removidas e imersas em suspensão de esporos das cepas de *Trichoderma*. Em seguida, as mesmas foram plantadas em copos descartáveis (200 mL) contendo vermiculita autoclavada por dois ciclos, evitando a existência de quaisquer micro-organismos que pudessem interferir na ação dos antagonistas. Assim, após sete dias foi realizada a avaliação da capacidade patogênica do *F. oxysporum* e a capacidade antagonista das cepas de *Trichoderma*. Foram estudadas as cepas de *Trichoderma* isoladas e combinadas com o patógeno.

Assim, foi avaliada a ocorrência de *damping off* e crescimento das plantas (avaliação de caracteres biométricos). Desse modo, foi avaliada a presença de necrose no coleto das plantas, sendo consideradas como + ou - (presença ou ausência de necrose, respectivamente).

2.3 Avaliação da capacidade antagonista e promotora de crescimento *in vivo*

Para a avaliação da capacidade antagonista contra *F. oxysporum* e também quanto à promoção de crescimento, as plantas de feijão foram cultivadas em vasos de 5L contendo solo estéril (Figura 1). Para tanto, foram crescidas em placas de Petri

contendo meio BDA as cepas de *Trichoderma* por cinco dias. Em seguida, foi realizada a raspagem dos esporos com auxílio de uma alça e solução salina estéril para a obtenção de uma suspensão de esporos na concentração de 10^4 esporos.mL⁻¹. Em seguida, as sementes foram imersas na referida solução por 1h para aderência dos esporos, seguida do plantio nos vasos. O patógeno foi inoculado por meio de discos de aproximadamente 5mm de diâmetro, os quais foram cortados das placas de Petri e inseridos diretamente nas covas junto às sementes inoculadas com os antagonistas.

Foi realizada a rega diária com água de torneira para fornecimento de água às plantas. Os vasos foram mantidos em telado por um período de 57 dias, sendo realizada posteriormente a avaliação dos seus caracteres agrônômicos/biométricos, sendo: número de folhas, altura da planta, diâmetro do coleto, comprimento radicular, peso da raiz, área foliar, peso da parte aérea e infecção por *Fusarium* (+ ou -), realizou-se também uma pesagem após 24 horas, para analisar a quantidade de matéria seca da raiz e da parte aérea. Durante o período experimental, foi realizada a observação diária dos vasos para evitar possíveis ataques de insetos-praga e crescimento de plantas invasoras, sendo feito o arranque manual quando necessário. Durante o período de condução do experimento foi observada a presença de lagartas desfolhadoras, as quais foram removidas manualmente.



Figura 1 – Plantio das sementes de feijão-comum (*P. vulgaris* L.) em vasos de cinco litros contendo solo estéril e mantidos sob telado.

2.4 Delineamento experimental e análise dos dados

Em todos os ensaios experimentais, foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado. Para a avaliação do antagonismo por pareamento foram utilizadas cinco repetições, para o teste de patogenicidade quatro repetições e para os ensaios in vivo de promoção de crescimento e antagonismo três repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do Software Sisvar (FERREIRA, 2014) e as médias comparadas pelo teste de Skott-Knott ($p \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teste de infecção das sementes

O teste de infecção das sementes demonstrou que o isolado de *F. oxysporum* apresenta patogenicidade/virulência de 90% e as sementes utilizadas no estudo apresentam germinação de 100%. Assim, é possível atribuir bom potencial de germinação das sementes e virulência do patógeno, não afetando assim os estudos subsequentes.

3.2 Teste de patogenicidade de *F. oxysporum* em feijão-comum

Por meio dos dados obtidos e da análise de variância foi observado que, de modo geral, sementes tratadas com inóculos de *Trichoderma* apresentaram maior desenvolvimento em comparação ao tratamento controle. O tratamento 5 (T5 = TCS1+*Fusarium*) não apresentou germinação.

Para a variável altura de plantas (AP), os tratamentos inoculados somente com *Trichoderma* apresentaram maiores valores (Tabela 1). Os tratamentos compostos com patógeno e antagonistas apresentaram maior desenvolvimento que o controle, porém com valores superiores que àqueles que receberam inoculação apenas do patógeno, evidenciando a existência de atividade antagonista *in vivo*.

Tabela 1 – Variáveis biométricas em estágio inicial de desenvolvimento em plantas de feijão infectadas com *F. oxysporum* e tratadas com *Trichoderma spp.*

Tratamento	Variável**		
	AP	CR	NF
T1	40,2 c*	16,00 a	2
T2	40,4 c	17,7 b	2
T3	41,2 c	17,78 b	2,2
T4	34,66 c	14,28 b	2
T5	-	-	-
T6	30,7 c	13,82 b	1,6
T7	29,06 b	11,98 b	1,4
T8	40,6 c	18,28 b	2
T9	38,66 c	17,68 b	2
T10 (controle)	14,7 a	6,8 a	≈1
CV***	8,52	3,9	0,34

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott (p0,05). **AP: altura de plantas; CR: comprimento radicular; NF: número de folhas. CV: coeficiente de variação.

Para o comprimento radicular (CR) não foi verificada expressividade para esta variável, também sendo observada ausência de significância para o número de folhas (NF). Assim, pode-se inferir que os ensaios necessitem de mais tempo de condução para que estas variáveis apresentem alguma expressão positiva em resposta aos inóculos.

Os dados apresentados fortalecem a hipótese de que o tratamento de sementes com micro-organismos antagonistas proporciona o melhor desenvolvimento das mesmas, contribuindo para o seu vigor. Carvalho et al. (2011) apresenta dados similares estudando sementes de feijão tratadas com cepas de *Trichoderma*, onde mais de 70% das sementes tratadas apresentaram maior vigor e germinação, além de maior desenvolvimento das plântulas.

3.3 Antagonismo *in vivo* e promoção de crescimento em feijoeiro-comum

Por meio dos resultados observados na análise de variância pôde-se observar que as variáveis mais representativas nas condições do presente estudo foram número de folhas (NF), biomassa e matéria seca (raiz e parte aérea) (Tabela 2). Um dos parâmetros mais significativos em se tratando de promoção de crescimento em plantas é o diâmetro do coleto, pois, esta variável indica ausência ou presença de estiolamento. No entanto, aqui não foram observadas diferenças significativas, embora se observem pequenas variações nos valores entre os tratamentos, onde as plantas que foram tratadas com a cepa TCS1 (T1 e T5) apresentaram valores um pouco maiores que as demais.

Tabela 2 – Dados biométricos coletados e avaliados em feijão-comum (*P. vulgaris* L.) inoculado com *F. oxysporum* e cepas de *Trichoderma* spp..

Tratamento	Variável**				
	Infecção	CP	NF	DC	CR
T1	-	97,33 a*	12,33 b	4,23 a	38,33 a
T2	-	48,33 a	7,66 a	3,33 a	27,00 a
T3	-	75,00 a	6,33 a	3,46 a	28,00 a
T4	-	88,00 a	7,00 a	2,96 a	32,70 a
T5	-	100,66 a	7,66 a	3,56 a	37,00 a
T6	-	53,00 a	5,66 a	3,46 a	43,33 a
T7	-	73,00 a	10,00 b	3,53 a	30,00 a
T8	-	63,00 a	7,00 a	3,23 a	36,00 a
T9	+	60,66 a	12,00 a	4,10 a	27,00 a
T10 (controle)	-	84,30 a	12,00 a	4,00 a	46,00 a
CV (%)***		25,19	22,21	17,94	31,76
	AF (mm ²)	BPA	BSR	MSPA	MSSR
T1	633,33 a	18,46 b	0,56 b	3,44 b	0,203 c
T2	693,33 a	17,06 b	0,22 a	3,48 b	0,110 a
T3	1001,66 a	10,73 a	0,26 a	2,11 a	0,073 a
T4	688,00 a	13,45 a	0,16 a	1,89 a	0,066 a
T5	826,00 a	16,58 b	0,26 a	3,26 b	0,057 a
T6	893,00 a	9,03 a	0,25 a	4,04 b	0,146 b
T7	480,00 a	17,61 b	0,56 b	3,42 b	0,163 b
T8	613,00 a	10,57 a	0,44 b	2,18 a	0,116 b
T9	643,00 a	17,30 b	0,13 a	1,86 a	0,040 a
T10 (controle)	636,00 a	16,39 b	0,78 b	3,18 b	0,226 c
CV (%)	33,53	21,6	39,52	27,06	29,72

*Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott ($p \leq 0,05$). **CP: comprimento da planta; DC: diâmetro do coleto; CR: comprimento radicular; AF: área foliar; BPA: biomassa da parte aérea; BSR: biomassa do sistema radicular; MSPA: matéria seca da parte aérea; MSSR: matéria seca do sistema radicular. ***CV(%): coeficiente de variação.

Quanto ao comprimento das plantas, não se obtiveram diferenças entre os tratamentos, porém observa-se que os tratamentos que receberam a cepa TCS1 apresentaram as maiores médias ao se comparar com o tratamento controle. A variável área foliar não apresentou diferença entre os tratamentos, porém, esse fato se explica também pelo CV, pois, durante o período de desenvolvimento do experimento houve predação das folhas por lagartas, o que interfere no peso das plantas e na área foliar.

Ao se analisar a presença de sintomas ocasionados pela infecção do patógeno, observou-se que todas as plantas que receberam inoculação das cepas de *Trichoderma spp.* apresentaram resistência ao ataque de *F. oxysporum*, assim, apenas o tratamento T9, o qual foi inoculado apenas com o patógeno, apresentou sintomas no coleto e raízes (Figura 2). Desse modo, pode-se constatar que, embora as cepas de *Trichoderma spp.* não apresentem valores expressivos nos caracteres biométricos, todos eles apresentaram inibição do ataque do patógeno, protegendo as plantas de feijão-comum contra *F. oxysporum*.



Figura 2 – Sintomas do ataque e infecção de *F. oxysporum* em feijoeiro-comum.

Resultados semelhantes como reportado por Silva et al. (2017) demonstram que cepas de *Trichoderma spp.* foram eficientes no controle de *S. rolfsii* em plantas de feijão caupi, o que faz com que exista uma certa afinidade do gênero *Trichoderma* às leguminosas. Carvalho et al. (2011) descrevem que *Trichoderma* é um importante controlador biológico, onde os autores verificaram que esse gênero é capaz de inibir in vitro e in vivo o crescimento de *F. oxysporum* em feijão, como também estão associados a outros mecanismos de promoção de crescimento na cultura.

Assim, é importante que os estudos com esse gênero em associação com a cultura possuam continuidade, especialmente em sua aplicação em campo. Nesse sentido, ressalta-se a importância do uso de potenciais controladores biológicos de doenças em sistemas agroecológicos de cultivo, sendo uma alternativa promissora para a redução do uso de agrotóxicos, propiciando uma agricultura saudável e sustentável.

4. CONCLUSÕES

As cepas de *Trichoderma* utilizadas nesse estudo são capazes de controlar in vitro o crescimento micelial de *F. oxysporum*. Quanto ao seu comportamento in vivo, constata-se que há eficiência no controle da doença, por meio da ausência de sintomas nas plantas que foram tratadas com os fungos. Os parâmetros biométricos, embora não tenham todos eles apresentado significâncias, observa-se que existem parâmetros eficientes e que o comportamento pode ser otimizado em estudos posteriores.

5. REFERÊNCIAS

- BETTIOL, W. Conversão de sistemas de produção. In: POLTRONIERI, L.S., ISHIDA, A.K.N. (Eds.) **Métodos alternativos de controle de insetos-pragas, doenças e plantas daninhas: Panoramas atuais e perspectivas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008.
- BLAZON, V.L. **Crestamento bacteriano comum do feijoeiro: efeito da adubação nitrogenada e potássica e aspectos bioquímicos relacionados à doença**. 172f. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CARVALHO, D.D.C.; MELO, S.C.M.; LOBO JUNIOR, M.; SILVA, M.C. Controle de *Fusarium oxysporum f.sp. phaseoli* in vitro e em sementes, e promoção do crescimento inicial do feijoeiro comum por *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 1, p. 28-34, 2011.
- CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Common bean improvement**. Cali, 2002. Disponível em: <<http://www.ciat.cgiar.org/beans/index.htm>>. Acesso em: 16 de maio de 2019.
- FORTES, F.O. SILVA, A.C.F.; ALMANÇA, M.A.K.; TEDESCO, S.B. Promoção de enraizamento de microestacas de um clone de *Eucalyptus* sp. por *Trichoderma* spp. **Revista Árvore**, v. 31, n. 2, p. 221-228, 2007.
- FRANÇA, C. G. de; DEL GROSSI, M. E.; MARQUES, V. P. M. de A. (Ed.). **O Censo Agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil**. Brasília, DF: MDA, 2009. 96 p.
- HARMAN G.E; HOWELL C.R; VITERBO A., CHET I.; LORITO M. *Trichoderma* species - opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, p. 43-56, 2004.
- Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento – MAPA. **Regras Para Análise de Sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- MERTZ, L. M.; HENNING, F. A.; ZIMMER, P. D. Bioprotetores e fungicidas químicos no tratamento de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 13- 18, 2009.
- MOHAMED, H.A.L.A.; HAGGAG, W.M. Biocontrol potential of salinity tolerant mutants of 422 *Trichoderma harzianum* against *Fusarium oxysporum*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 2, n. 37, p. 423 181-191, 2006.
- MONTE, E. Understanding *Trichoderma*: between biotechnology and microbial ecology. **International Microbiology**, v. 4, p. 1-4, 2001.
- SILVA, J. M.; TEIXEIRA, R. R. O.; ROCHA, J. R.; SANTOS, T. M. C. *In vitro* and *in vivo* inhibition of *Sclerotium rolfsii* Sacc. by strains of *Trichoderma* spp.. **International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch**, v. 2, n. 1, p. 60-67, 2017.
- VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, E. L.; MARRA, R.; WOO, S. L.; LORITO, M. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, n. 1, p. 1-10, 2008.

APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS AMBIENTAIS E GEOTECNOLOGIAS NA REVITALIZAÇÃO DE NASCENTES URBANAS

João Vitor de Almeida Bezerra¹, Ricardo Brauer Vigoderis², Felipe Pessoa de Melo³, Werônica Meira de Souza², João Manoel da Silva⁴

¹Discente do PPG Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Avenida Bom Pastor, s/n, Boa Vista, Garanhuns, PE, e-mail: j.vitor.almeida@outlook.com

²Professor(a) Doutor(a), Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Avenida Bom Pastor, s/n, Boa Vista, Garanhuns, PE.

³Professor Doutor, Colegiado de Geografia, Centro Universitário AGES, Avenida Universitária, 23, Parque das Palmeiras, Paripiranga, BA.

⁴Rede Nordeste de Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL.

RESUMO

Ações antrópicas relacionadas à expansão urbana causam diversos desequilíbrios nos ecossistemas naturais, podendo acarretar no esgotamento de recursos hídricos como as nascentes. Naturalmente, comunidades procuram se assentar próximas à corpos de água abundantes e de fácil acesso como as nascentes. A expansão dessas comunidades pode resultar na deterioração desse importantíssimo recurso hídrico, especialmente em virtude da ausência de um planejamento urbano e de uma infraestrutura de saneamento básico adequada. A primeira etapa da expansão urbana é a fragmentação das áreas naturais, principalmente para projetos de pavimentação que geram distúrbios na dinâmica do escoamento superficial, criando o risco de enchentes e intensificando o escoamento em vertentes próximas às nascentes. Essa alteração do escoamento superficial intensifica os processos erosivos e diminui a resistência do solo, aumentando a probabilidade de movimentos de massa que podem resultar em sedimentação ou soterramento da nascente. Após a expansão do assentamento, a ausência do planejamento urbano se torna evidente, pois frequentemente comunidades são expandidas em direção a encostas instáveis sem infraestrutura adequada. A ausência de um sistema de saneamento básico pode levar indivíduos da comunidade a despejar seus resíduos diretamente na vertente da nascente, comprometendo sua vazão e criando um risco de contaminação intensificando a problemática da propagação de doenças de veiculação hídrica. Sendo assim, é essencial que a expansão urbana seja realizada de forma planejada, levando em consideração os limites do ecossistema local e a necessidade de elaborar projetos voltados à conservação dos recursos naturais como as nascentes, utilizando geotecnologias e tecnologias ambientais como subsídios.

PALAVRAS-CHAVE: Meio Ambiente, Hidrologia, Degradação.

1. NASCENTES

As transformações antrópicas realizadas na paisagem estão cada vez mais intensas e aceleradas. Existindo uma constante necessidade e demanda de novas áreas para expansão das poligonais urbanas e agrárias (MELO; SOUZA, 2016). A expansão urbana desordenada tem causado graves problemas socioambientais, principalmente quando se refere ao curso de água localizado nos centros urbanos (SANTOS et al., 2018).

Considerando o intenso crescimento urbano e o conseqüente aumento de demanda hídrica, é de suma importância garantir a integridade dos recursos hídricos, revitalizar os que estiverem degradados e elaborar um modelo de desenvolvimento urbano sustentável que leva em consideração as limitações da região e a necessidade de preservação dos recursos naturais como nascentes.

Conforme Felipe e Magalhães Junior (2013) não há um consenso na literatura especializada sobre o conceito de nascentes e cada pesquisador utiliza a definição mais conveniente em sua pesquisa. Entretanto, tal método pode acarretar em enganos e desentendimentos na comparação dos resultados de diferentes trabalhos. Sendo assim, os autores supracitados propõem que as nascentes sejam consideradas como um sistema ambiental em que o afloramento da água subterrânea ocorre naturalmente, de modo temporário ou perene, e cujos fluxos hidrológicos na fase superficial são integrados à rede de drenagem.

Para a Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 o conceito de nascente é: afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água.

Nascentes são elementos essenciais do ciclo hidrológico sendo vitais para o desenvolvimento cultural, econômico e tecnológico da sociedade. A relevância da sua proteção é evidenciada pelos marcos legais brasileiros (CARMO, et al., 2014). São formadas quando um aquífero atinge a superfície e passa a propagar a água armazenada no subsolo, e são influenciadas por diversos fatores como clima, cobertura vegetal, topografia, geologia e a forma de uso e ocupação de suas adjacências (LOZINSKI, et al., 2010).

As nascentes podem ser classificadas quanto ao seu regime de água, sendo perenes quando apresentam fluxo contínuo; temporárias caso o fluxo ocorra apenas durante a estação de chuvas e efêmeras quando surgem durante uma chuva e permanecem somente por alguns dias (CASTRO, 2001 *apud* MARMONTEL, 2014).

Quanto ao grau de conservação, Pinto et al. (2003, *apud* VILELA, 2006) classificou as nascentes como preservadas, perturbadas e degradadas. As que apresentam um mínimo de 50 metros de vegetação natural em seu entorno sem sinais de perturbação ou degradação são classificadas como preservadas. Perturbadas são as nascentes que não possuem o mínimo de vegetação de 50 metros, porém, encontram-se em bom estado de conservação mesmo com a presença de pastagem ou agricultura. Enquanto que as degradadas são as que possuem elevado grau de perturbação, escassez de vegetação e sinais de erosão.

1.1 Degradação das nascentes

A água é um recurso natural essencial para o desenvolvimento da vida humana fazendo com que a humanidade se estabelecesse em locais onde ela era abundante. O processo mundial de crescente urbanização acarretou na degradação em larga escala dos recursos hídricos especialmente em países tidos como subdesenvolvidos como o Brasil (SOARES et al., 2013).

O processo de ocupação do Brasil, caracterizado pela ausência de planejamento acarretou na fragmentação de áreas naturais que cederam espaço para culturas agrícolas, pastagens e cidades. Esse processo teve como consequência a degradação dos recursos hídricos naturais (BIELLA; COSTA, 2006).

A ocorrência não planejada de altas concentrações populacionais em áreas urbanas resulta em diversos problemas envolvendo a qualidade de água no ambiente como despejo de esgoto em rios e aterramento de nascentes (SOARES et al., 2013).

Além da contaminação, possíveis alterações na vazão das nascentes são consequências da ocupação urbana que podem significar o desaparecimento da nascente ou sua transformação em nascente temporária (FELIPPE; MAGALHÃES JUNIOR, 2012).

A Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, estabelece que as áreas em um raio de 50 metros no entorno das nascentes são Áreas de Preservação Permanente que são protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Entretanto, os limites estabelecidos pela lei supracitada são frequentemente ignorados pela constante expansão urbana e conforme Lozinski et al. (2010) não respeitar a distância de 50 metros pode acarretar na degeneração de nascentes. Carmo et al. (2014) questiona a eficácia desses limites impostos e propõe que há a necessidade de uma padronização para a identificação das nascentes, desde o seu conceito até o mapeamento, para que os elementos fundamentais de proteção não sejam postos de lado pela mera consideração de 50 metros em torno dos pontos iniciais de canais demarcados.

Para Calheiros et al. (2009) a restrição de 50 metros, estabelecida pela Lei Federal Nº 12.651 de 25 de maio de 2012, evita situações como cultivos ao redor da nascente que pode causar contaminações físicas, biológicas e químicas assim como evita deixar o solo sujeito à erosão oriunda do escoamento superficial, que por sua vez pode contaminar a água com partículas de solo ou até mesmo provocar o soterramento da nascente.

1.2 Erosão do solo

É um processo que consiste em duas fases, sendo a primeira o desprendimento de partículas individuais de solo do maciço e a segunda o transporte dessas partículas por agentes erosivos como escoamento hídrico e o vento. O contato de gotas de chuva com o solo é um dos maiores agentes do desprendimento, cada gota que entra em contato

com o solo pode dispersar partículas do solo ao longo de diversos centímetros (MORGAN, 2005).

Atividades antropogênicas podem exercer uma enorme influência nos processos erosivos, chegando em algumas circunstâncias a aumentar a sua velocidade em até cem vezes mais que o normal. A remoção da cobertura vegetal durante essas atividades deixa o solo desprotegido o que pode acarretar em uma redução de fertilidade e produtividade do solo, assim como danos na integridade física do relevo (JULIEN, 1998).

A equação USLE (Equação Universal de Perdas de Solo) fornece uma estimativa da perda de solo anual e permite que agrônomos e profissionais que atuam na conservação do solo selecionem os métodos mais apropriados para conservação, cultivo e uso do solo. Desde sua introdução em 1958, a equação passou por várias revisões sendo uma delas a mais utilizada chamada de RUSLE (Equação Universal de Perdas de Solo Revisada) (HUDSON, 1993).

Conforme Ganasri e Ramesh (2016) o método RUSLE foi desenvolvido por Wischmeier e Smith em 1978 e é composto pela Equação 1.

$$A = R * K * LS * C * P$$

(1)

Sendo A a perda de solo por unidade de tempo; R é o fator de erosividade da chuva; K é o fator de erodibilidade do solo; LS é o fator de declividade e comprimento do relevo; C é o fator de manejo do solo e P é o fator de prática contra a erosão.

A erosão do solo é um dos fatores que contribuem para a ocorrência de movimentos de massa em encostas e taludes. O fenômeno altera a geometria do maciço, modificando seu estado de tensões o que pode acarretar na ruptura do maciço (BUDHU, 2010). A infiltração de água oriunda do escoamento superficial aumenta a poropressão do solo em áreas de alta declividade e diminui sua estabilidade (HAUGEN, 2017).

Os movimentos de massa contribuem para o acúmulo de sedimentos no pé da encosta comprometendo a vazão das nascentes assim como a qualidade da água.

1.3 Estabilidade de encostas

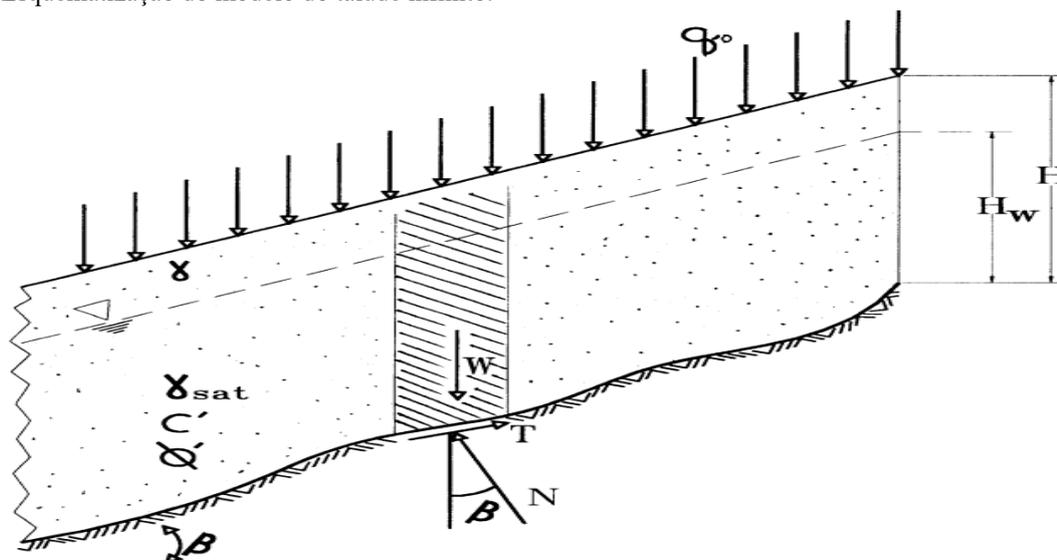
Existem diversos tipos de movimentos de massa e eles são caracterizados como importantes processos erosivos naturais responsáveis pela evolução das vertentes e interflúvios que resultam no assoreamento e deposição de materiais em fundos de vales ou planícies, afetando o relevo como um todo (PINTO et al., 2015). Talude é a denominação dada a qualquer superfície inclinada de um maciço de solo ou rocha, podendo ele ser natural ou artificial, os naturais são popularmente chamados de encostas já os artificiais são provenientes de processos de corte ou aterro (GERSCOVICH, 2012).

O deslizamento de taludes naturais e artificiais resultam em mortes, destruição, perdas econômicas, e impactos ambientais negativos. Alguns deslizamentos são repentinos e catastróficos, outros são difundidos e outros são localizados, sendo difícil apontar com precisão a magnitude do deslizamento (BUDHU, 2010).

As nascentes se localizam em encostas ou depressões do terreno, ou ainda, no nível de base representado pelo curso d'água local (CALHEIROS, 2009). Considerando a possibilidade de existência de nascentes nas adjacências de encostas, é de suma importância analisar a estabilidade desses maciços com o intuito de modelar a sedimentação na nascente.

Conforme Schor e Gray (2007), o modelo do talude infinito (Figura 1) é propício para análise de rupturas superficiais em encostas e resulta em um fator de segurança que reflete a relação entre a resistência da encosta e as cargas atuantes (Equação 2).

Figura 1: Esquemática do modelo do talude infinito.



Fonte: SCHOR; GRAY, 2007.

$$FS = \quad (2)$$

Sendo c' a coesão do solo; β e φ representam a declividade do talude e o ângulo de atrito interno; γ , γ_{buoy} , γ_{satd} são os pesos específicos seco, submerso e saturado, respectivamente; H e H_w representam a profundidade até a superfície de ruptura e o nível d'água; q_0 é a sobrecarga uniformemente distribuída no terreno e FS é o Fator de Segurança.

Conforme Mergili et al. (2014), modelos determinísticos baseados em Sistemas de Informações Geográficas – SIG podem ser utilizados, em áreas extensas, para o mapeamento da susceptibilidade de maciços à movimentos de massa.

Para Rosa (2005), as geotecnologias também conhecidas como geoprocessamento são um conjunto de tecnologias que possuem como objetivo coletar, analisar, processar e ofertar informações georeferenciadas. Entre as geotecnologias destacam-se: cartografia digital, sensoriamento remoto, topografia, sistema de posicionamento global e os Sistemas de Informações Geográficas – SIG.

1.4 Geoprocessamento

Pode ser definido como um conjunto de operações realizadas por um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para manipulação de dados espaciais. Uma operação típica de geoprocessamento seleciona um determinado conjunto de dados, realiza uma operação nele e retorna o resultado como um conjunto de dados de saída. Operações comuns incluem a sobreposição de layers geográficos, seleção e análise de características geográficas, processamento de topografia, processamento de rasters e conversão de dados. Em suma o geoprocessamento permite a definição, administração e análise de informações utilizadas para tomar decisões (WADE et al., 2006).

SIGs são sistemas projetados para captura, armazenamento, manipulação, análise, manuseio e apresentação de todos os tipos de dados espaciais ou geográficos (FOOTE et al., 1995). Para Kim et al. (2004) uma das vantagens de tais sistemas é que todos os atributos espaciais de um ponto em particular podem ser salvos em um mapa digital, e conseqüentemente podem ser atualizados, filtrados e modificados.

Diversos *softwares* avaliam a estabilidade de taludes sem serem auxiliados pelo geoprocessamento. No entanto, a aplicação de tais *softwares* é trabalhosa já que as informações do talude como declividade e características do solo devem ser preparadas para cada perfil distinto do talude, principalmente em áreas extensas onde a análise é realizada para toda a região e não somente em um talude único (THIEBES et al. 2013). Sendo assim, Halounová (2002) aponta que, como as variáveis envolvidas na estabilidade de encostas são condições espaciais, o uso do geoprocessamento surge como um grande subsídio para a análise em áreas extensas.

Em suma, o geoprocessamento é um ambiente que permite a criação de bancos de dados georreferenciados assim como modelos matemáticos cuja base é o georreferenciamento. Esse ambiente, permite a aplicação dos modelos de estabilidade de encostas assim como os de estimação de perda de solo por erosão oriunda do escoamento hídrico. A modelagem da área é essencial para garantir a eficiência do projeto de recuperação ambiental. Sendo assim, o geoprocessamento surge como um grande subsídio para a revitalização de áreas degradadas.

1.5 Recuperação de nascentes

Conforme Osaky (1994 *apud* SOUZA, 2004) as técnicas para recuperação de nascentes são divididas em dois grupos: as que são executadas na área responsável pela formação do lençol que as abastece e aquelas que agem diretamente na nascente. As práticas para a recuperação de nascentes vão desde a instalação de sistemas de decantação e filtragem até o isolamento da área com cercas.

Métodos que visam a restauração de áreas degradadas, podem ser considerados como tecnologias ambientais que conforme Lustosa (2002, *apud* PRATES, 2006) podem ser definidas como o conjunto de conhecimentos, técnicas, métodos, processos, experiências e equipamentos que utilizam os recursos naturais de forma sustentável.

Cada vez mais surgem novas técnicas para promover a recuperação de áreas degradadas, e a bioengenharia tem sido utilizada em diversas situações com sucesso (JORGE; GUERRA, 2013).

A bioengenharia do solo e da água é uma tecnologia que encoraja a combinação do conhecimento científico com o empírico para o gerenciamento de ecossistemas com o objetivo de maximizar os benefícios tanto para o homem quanto para o ambiente natural. Essa tecnologia envolve técnicas que utilizam plantas como materiais de construção, com o objetivo de promover restauração ecológica, ou para o controle de riscos naturais como erosão do solo, inundações torrenciais e movimentos de massa (REY et al., 2018).

O Quadro 6 apresenta as vantagens técnicas, ecológicas, econômicas e estéticas dos métodos de bioengenharia.

Quadro 1 – Vantagens da bioengenharia.

VANTAGENS	
TÉCNICAS	Proteção contra erosão superficial Aumento na estabilidade das encostas através do reforço e drenagem do solo pelas raízes Proteção contra a queda de rochas Proteção contra o vento
ECOLÓGICAS	Regulação da umidade e temperatura próximas à superfície, criando condições adequadas para o crescimento vegetal Aperfeiçoamento do regime hídrico do solo através da interceptação, evapotranspiração e armazenamento Melhoramento da estrutura do solo e formação de um horizonte superior Criação e provisão de habitats para a fauna e flora locais Utilização de materiais biodegradáveis
ECONÔMICAS	Redução de custos de construção e manutenção Criação de áreas agricultáveis e de lazer
ESTÉTICAS	Integração das estruturas à paisagem Redução da poluição visual A paisagem se torna mais atraente

Fonte: Araujo et al. (2005), *apud* Orozco (2009).

REFERÊNCIAS

BIELLA, C. A.; COSTA, R. A. **Análise da qualidade ambiental das nascentes urbanas de Caldas Novas – GO**. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 6, 2006, Goiânia.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm> Acesso em: 16 Abril 2019.

BUDHU, M. **Soil mechanics and foundations**. 3. ed. New York: Wiley, 2010.

CARMO, L. G.; FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes: conflitos, lacunas e alternativas da legislação ambiental brasileira. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 34, n. 2, p. 275-293, 2014.

CALHEIROS, R. O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S. V.; CALAMARI, M. **Preservação e recuperação das nascentes de água e vida**. São Paulo: Secretaria do Estado de Meio Ambiente – Departamento de Proteção da Biodiversidade, 2009. Disponível em: < <http://www.ambiente.sp.gov.br/>> Acesso em: 05 Janeiro 2017.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Conflitos conceituais sobre nascentes de cursos d'água e propostas de especialistas. **GeoGrafias**, v. 9, n. 1, p. 70-81, 2013.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte - MG. **GeoGrafias**. v. 15, n. 1, p. 8-23, 2012.

FOOTE, K. E.; LYNCH, M. **Geographic Information Systems as an Integrating Technology**: context, concept and definitions. The Geographer's Craft Project, 1995. Disponível em: < <http://www.colorado.edu/geography/>> Acesso em: 15 Outubro 2015.

GANASRI, B. P.; RAMESH, H. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. **Geoscience Frontiers**, v. 7, n. 6, 2016, p. 953-961.

GERSCOVICH, D. **Estabilidade de taludes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

HAUGEN, B. D. A design method for landslide surface water drainage control. **Environmental & Engineering Geoscience**, v. 23, n. 4, p. 275-289, 2017.

HALOUNOVÁ, L. GIS as a tool for landslide analyses. In: RYBAR, J.; STEMBERK, J.; WAGNER, P. **Landslides**: Proceedings of the First European Conference on Landslides, Prague, Czech Republic, 24-26 June 2002. [S.l.], CRC Press, 2002.

HUDSON, N. **Field measurement of soils erosion and runoff**. Bedford: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1993.

JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T. **Erosão dos solos e movimentos de massa – recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes**. In: GUERRA, A. J.; JORGE, M. C. O. (org.). Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

JULIEN, P. Y. **Erosion and sedimentation**. Cambridge: University of Cambridge, 1998.

KIM, K.; PARK, H.; LEE, S.; WOO, I. Geographical information systems (GIS) based stability analysis of rock cut slopes. **Geosciences Journals**, v. 8, n. 4, p. 391-400, 2004.

LOZINSKI, M. A.; BALBINOT, R.; VENÂNCIO, D.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; SCHIRMER, W. N. Diagnóstico das áreas de preservação permanente de nascentes na área urbana do município de Irati-PR. **Floresta**, v. 40, n. 1, p. 63-70, 2010.

MARMONTEL, C. V. F. **Qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas do solo e estado de conservação da vegetação no córrego Pimenta, São Manuel/SP**. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2014.

MERGILI, M.; MARCHESINI, I.; ALVIOLI, M.; METZ, M.; SCHNEIDER-MUNTAU, B.; ROSSI, M.; GUZZETTI, F. A strategy for gis-based 3-D slope stability modelling over large areas. **Geoscientific Model Development**, v. 7, n. 6, p. 2969-2982, 2014.

MELO, F. P.; SOUZA, R. M. Energia eletromagnética na superfície terrestre: estimativa multitemporal do albedo em Garanhuns-PE. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 170-178, 2016.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion & conservation**. 3. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.

OROZCO, M. M. D. **Caracterização da gramínea vetiveria zizanioides para aplicação na recuperação de áreas degradadas por erosão**. 81f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

PINTO, R. C.; PASSOS, E.; CANEPARO, S. C. Mapeamento de suscetibilidade aos movimentos de massa com uso da Avaliação Multicritério pelo método da Média Ponderada Ordenada. **Caderno de Geografia**, v. 25, n. 43, p. 116-143, 2015.

PRATES, M. T. **Sistemas regionais de inovação em tecnologias ambientais: um estudo de caso sobre o Paraná**. 205 f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

REY, F.; BIFULCO, C.; BISCHETTI, G. B.; CESARE, G.; FLORINETH, F.; GRAF, F.; MARDEN, M.; MICKOVSKI, S. B.; PHILLIPS, C.; PEKLO, K.; POESEN, J.; POLSTER, D.; PRETI, F.; RAUCH, H. P.; RAYMOND, P.; SANGALLI, P.; TARDIO, G.; STOKES, A. Soil and water bioengineering: practice and research needs for reconciling natural hazard control and ecological restoration. **Science of The Total Environment**, v. 648, n. 15, p. 1210-1218, 2019.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista Do Departamento De Geografia**, v. 16, n. 1, p. 81-90, 2005.

SANTOS, T. M. M.; OLIVEIRA, J. L. S.; SILVA, E. Vulnerabilidade hídrica no Nordeste brasileiro: entre a urbanização e a educação ambiental. **REMEA**, v. 35, n. 3, p. 184-199, 2018.

SCHOR, H. J.; GRAY, D. H. **Landforming**: an environmental approach to hillside development, mine reclamation and watershed restoration. 1. ed. Hoboken: Wiley, 2007.

SOARES, A. B.; SANTOS, C. C.; CAVALCANTI, M. A. Problemática socioambiental urbana na nascente Pau Amarelo em Garanhuns – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 5, p. 1140-1157, 2013.

SOUZA, M. N. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. 371 f. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG, 2004.

THIEBES, B.; BELL, R.; GLADE, T.; JÄGER, S.; ANDERSON, M.; HOLCOMBE, L. A WebGIS decision-support system for slope stability based on limit-equilibrium modelling. **Engineering Geology**, v. 158, p. 109-118, 2013.

VILELA, D. F. **Estratégias para a recuperação da vegetação no entorno de nascentes**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2006.

WADE, T.; SOMMER, S. **A to Z GIS**: An illustrated dictionary of geographical information systems. 1. ed. Redlands: ESRI Press, 2006.

AS RELAÇÕES DE PRODUÇÃO NO CAMPESINATO: CONSIDERAÇÕES SOBRE O TRABALHO CAMPONÊS E A CONTRATAÇÃO DE TRABALHADORES TEMPORÁRIOS

Lívia Thaysa Santos de Albuquerque Gama¹, Cirlene Jeane Santos e Santos¹

¹Universidade Federal de Alagoas/Igdem/UFAL, e-mail: livithaysasagama@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma discussão relacionada as relações de produção estabelecidas no campesinato. Nesse sentido, discorrerá sobre o modo pelo qual o trabalho no campo é realizado, e como se dá a divisão das tarefas nas unidades de produção camponesas. Os objetivos deste trabalho estão pautados em analisar como ocorrem as relações de produção no modo de vida camponês, relacionando o trabalho realizado na unidade familiar a contratação de trabalhadores temporários na organização do processo produtivo. Os métodos utilizados para a elaboração deste estudo foram pesquisa qualitativa e revisão de literatura, por meio da leitura de livros, artigos científicos. Foram utilizados autores como Oliveira (2007); Silva e Inácio (2012); Santos (1978); Woortmann (1990; 2009); Cândido (2009); Brandão (2009); Bombardi (2004); Wanderley (1985); Queiroz (2009). Como resultado tem-se que as relações de produção ocorrem no campesinato por meio da interação entre os membros do grupo familiar, assim como a divisão de tarefas ocorre em cada unidade de produção de acordo com a demanda de cada família. Para a realização do trabalho a principal força de trabalho utilizada é a familiar, secundariamente utiliza-se da contratação de trabalhadores temporários, objetivando otimizar o trabalho familiar, particularmente no período de cultivo e colheita.

PALAVRAS-CHAVE: Trabalho familiar, Produção camponesa, Divisão do trabalho camponês.

1. INTRODUÇÃO

No campesinato, as relações de produção aparecem através das interações e relações estabelecidas entre os membros de cada Unidade de Produção Camponesa entre os indivíduos de um mesmo grupo ou sociedade. Neste trabalho objetiva-se analisar como ocorrem as relações de produção no modo de vida camponês, bem como relacionar o trabalho camponês a contratação de trabalhadores diaristas para/na organização do processo produtivo.

De acordo com Oliveira (2007, p. 36), “as relações de produção devem ser entendidas como o conjunto das relações que se estabelecem entre os homens em sociedade determinada, no processo de produção das condições materiais de sua existência”. Nesse sentido, pode-se entender que estas relações ocorrem a todo o momento, a partir de diferentes representações, envolvendo as formas em que o trabalho ocorre no campo, às divisões de tarefas no seio familiar de cada família camponesa, as motivações que desencadeiam a contratação de trabalhadores temporários e etc, ou seja, envolve toda uma estrutura e organização do labor no campo.

A divisão de tarefas no âmbito familiar no modo de vida camponês ocorre de forma bem peculiar a depender da família e das condições em que estas estão inseridas na sociedade. Sabe-se que no modo de vida camponês, o acesso a terra ocorre de muitas maneiras e dessa forma pode aparecer através da presença de representações distintas, como afirma Silva e Inácio (2012, p. 8): “o campesinato pode abrigar diversas formas sociais baseadas em diferentes relações de trabalho e de acesso a terra como o posseiro, o parceiro, o foreiro, o arrendatário, o pequeno proprietário, etc.”. Logo, cada uma dessas formas possui distintas relações com a terra como meio de reprodução social.

De acordo com Santos (1978, p. 34) “[...] estrutura-se no interior da família uma divisão técnica do trabalho, articulada pelo processo de cooperação, resultando numa jornada de trabalho combinada”. No campesinato, o trabalho familiar é mantido como tradição, sendo, para Woortmann (1990, p.17): “a tradição, então, não é o passado que sobrevive no presente, mas o passado que, no presente, constrói as possibilidades de futuro”. Nas relações de produção deste modo de vida, o trabalho familiar é predominante, todavia, são permitidos outros tipos de relações no decorrer do ciclo agrícola. Nesse sentido, a ajuda mútua aparece como determinante, como afirma Cândido (2009, p. 194): “[...] a necessidade de ajuda, imposta pela técnica agrícola, e sua retribuição automática determinavam a formação duma ampla rede de relações, ligando os habitantes do grupo [...] contribuindo para a sua unidade estrutural e funcional”.

Nesse contexto, destaca-se que a estrutura própria do campesinato se relaciona ao modo pelo qual o trabalho é exercido na comunidade, e como ocorrem às relações entre os sujeitos envolvidos com o processo produtivo. A partir desse entendimento, é importante compreender o quanto se faz importante a religião nas comunidades rurais, tendo em vista que através dos ensinamentos e valores que são abordados por ela é possível articular através desta o funcionamento do grupo de vizinhança. Para Cândido (2009, p. 197) “[...] o trabalho e a religião se associam para configurar o âmbito e o funcionamento do grupo de vizinhança, cujas moradias, não raro muito afastadas uma das outras, constituem unidade, na medida em que participam no sistema dessas atividades”.

Para o agricultor as formas de ajuda mútua, a exemplo da prática de mutirão, baseadas nos princípios da reciprocidade, nos quais os camponeses se ajudam nos momentos em que a demanda de trabalho exige maior força de trabalho, são valorosas à medida que estas não configuram a subordinação do trabalho ao capital. Logo, o trabalho com a terra é quase sempre duro e “cansa o corpo”. [...] mais “cativo” ainda, quando é realizado “no que é dos outros” ou “para o outro” Brandão (2009, p. 51).

Nesse contexto, o trabalho realizado em terras alheias é percebido como um trabalho explorado, no qual o trabalhador não possui autonomia e controle sobre as decisões a

serem tomadas em relação às atividades agrícolas, tampouco sobre o tempo e espaço, tornando-se assim submisso ao proprietário das terras. À medida que ocorrem dentro das relações de produção no campo os mutirões, configurados como ajuda mútua entre os camponeses, é possível exercer os princípios da solidariedade sem que haja exploração da força de trabalho. Dessa maneira, Brandão (2009, p. 51) afirma: “mas o trabalho “com os outros” ou “para o outro” é sempre um gratificante e alegre trabalho-festa, [...] Quando, em vez de ser uma imposição ou uma “obrigação”, é uma escolha livre, uma “ajuda a um amigo” de quem se pode esperar a contraparte, quando necessário”.

O trabalho neste modo de vida é dotado de significado, representando claramente a essência da sua vida. Torna-se notório nesse sentido, o desejo por autonomia nas atividades realizadas no campo, no sentido em que quando o trabalho é realizado de forma livre e espontânea, difere, portanto, de quando o mesmo é imposto, tornando o trabalhador subordinado. Para Santos (1978, p. 126) “o modo de produção especificamente capitalista corresponde à fase de submissão real do trabalho ao capital, quando se desenvolvem relações sociais de produção entre os proprietários do capital e os detentores da força de trabalho”. Sendo para o agricultor imprescindível a autonomia sobre a terra e os meios de produção, a subordinação do seu trabalho ao capital representa para ele ter uma vida de dependência, ser cativo. Dessa maneira, “[...] a condição de proprietário da terra e dos outros meios de produção assegura ao camponês o domínio sobre o processo de trabalho e assim lhe dá a condição de trabalhador independente. Ainda que subordinado ao capital”. (Santos, 1978, p. 130).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa ora apresentada possui caráter qualitativo, partindo da revisão bibliográfica como principal método, logo, esta se deu por meio da leitura de livros, artigos científicos, objetivando obter aporte teórico para embasamento desse estudo. Foram utilizados autores como Oliveira (2007); Silva e Inácio (2012); Santos (1978); Woortmann (1990; 2009); Cândido (2009); Brandão (2009); Bombardi (2004); Wanderley (1985); Queiroz (2009).

3. O TRABALHO FAMILIAR NO CAMPESINATO

O trabalho familiar pode ser percebido como elemento central no campesinato, como já dito anteriormente. Para o camponês o trabalho é visto como parte essencial da vida, como meio de sobrevivência, seu e de sua família, tendo a terra como instrumento de trabalho e reprodução. Neste modo de vida, assim como em outros segmentos existem núcleos que servem de base para a categoria. Assim, “[...] cada cultura terá categorias nucleantes específicas, [...] Nas culturas camponesas, não se pensa a terra sem pensar a família e trabalho, assim como não se pensa o trabalho sem pensar a terra e a família” (Woortmann, 1990, p. 23). Para o lavrador é imprescindível o acesso a terra, para nela reproduzir socialmente sua família, mantendo o trabalho familiar como principal força de trabalho da unidade produtiva. De acordo com Santos (1978, p. 140): “o trabalho do camponês é o meio de ganhar a vida através da troca do produto criado pela sua própria atividade. Para ele, ganhar a vida significa reproduzir a força de trabalho familiar”.

No campesinato as relações de produção são estabelecidas por meio da divisão das atividades entre o grupo doméstico, na qual geralmente o trabalho com as atividades agrícolas do campo ficam sob a responsabilidade do chefe de família e dos filhos homens, enquanto a mulher, as filhas mulheres, idosos e crianças tendem a cuidar das tarefas domésticas, bem como das atividades que são cultivadas no “quintal”, como por exemplo, o cultivo de hortaliças e criação de pequenos animais. Santos (1978, p. 33), destaca que “os homens e mulheres velhos realizam tarefas leves, geralmente ligadas às atividades de subsistência, contribuindo assim, e na medida de suas forças, para o trabalho familiar”.

Nesse sentido, “a mulher pode estar presente nas tarefas de produção, ou ausente em grande número delas, restringindo-se a tarefas que executa no interior da sua própria casa e no terreiro que lhe é contíguo”. (Moura, 1986, p. 54. *Apud* Bombardi, 2004, p. 211). O ensinamento às crianças sobre o trabalho no campo inicia-se na infância, através dos ensinamentos que são passados de geração em geração. “o trabalho das crianças é visto com outros olhos pelos camponeses, até por que não se pode esperar que fiquem grandes para aprender, o processo de aprendizagem se dá na infância” (Bombardi, 2004, p. 224).

O campesinato representa uma categoria tradicional, de base patriarcal, na qual os valores são passados de geração em geração, conservando-se a ideia de que cabe ao chefe de família decidir sobre as relações de produção exercidas no grupo doméstico, cabendo aos homens ficar responsáveis pelas tarefas que demandam maior responsabilidade e liderança. No entanto, no que se refere à reprodução do trabalho familiar, Santos (1978, p. 71) afirma que “[...] a roça, ao garantir os meios de vida necessários, assegura a reprodução da força de trabalho familiar. [...] a ‘roça’ é a produção que assegura a reposição do valor da força de trabalho familiar e permite, assim, que o camponês arque com todas as consequências na produção de mercadorias”. É na roça que o camponês exerce autonomia sobre os instrumentos de trabalho e meios de produção, garantindo que a força do trabalho familiar se reproduza através da labuta coletiva dos membros das unidades familiares, assegurando-lhes neste sentido, o sustento, e os tornando responsáveis pela produção da unidade doméstica.

Para Wanderley (1985, p. 66) “[...] a organização do trabalho familiar depende, cada vez mais, dos mecanismos estruturais do mercado. Este passa a constituir uma mediação indispensável à obtenção, pelo camponês, de seus meios de vida, da terra e dos instrumentos técnicos da produção”. Portanto, sendo as relações de produção relacionadas à organização do trabalho familiar no campo – nas unidades domésticas, estas estão sempre dependentes e subordinadas ao sistema, ou seja, mesmo sendo o campesinato um segmento não capitalista as relações estabelecidas dentro deste estão ligadas ao capitalismo, tendo em vista que para sua efetivação em muitos momentos depende de suporte advindo do mercado, a partir da obtenção dos meios de produção, bem como de produtos alimentares que não conseguem produzir nas unidades camponesas, mobilidade e transporte da produção, e, sobretudo através da venda da força de trabalho.

4. A CONTRATAÇÃO DE TRABALHADORES TEMPORÁRIOS NO MODO DE VIDA CAMPONÊS COMO TRABALHO ALTERNATIVO

No campesinato há uma grande diversidade no que se refere às relações de produção estabelecidas. Nesse sentido, esse segmento apesar de caracteriza-se como de forte cunho tradicional, apresentando o trabalho familiar como centro das relações de produção, bem como maior força de trabalho nas unidades camponesas, permite a contratação de trabalhadores diaristas, na qual estes representam força de trabalho alternativa no período em que as atividades realizadas pelos agricultores exigem maior intensidade de trabalho. Essa contratação de trabalhadores em caráter temporário depende da quantidade de membros que a família possui, pois “[...] é a variável “tamanho da família” que provoca a necessidade de contratação de trabalhadores diaristas”. (Santos, 1978, p. 41). O trabalho familiar, entretanto, é percebido como oposição ao trabalho assalariado. Segundo Woortmann (1990, p. 25): “[...] o trabalho familiar é visto em oposição ao trabalho assalariado, ainda que, objetivamente, não haja uma contradição necessária entre ambos”.

Essa contratação não ocorre durante todo o período do ciclo agrícola. Esta se restringe segundo Woortmann (1990, p. 25) a “[...] caráter temporário, enquanto o trabalho permanente é fornecido pelo grupo doméstico”. Em razão da posse de terra estabelecer-se na maioria das famílias como pequena propriedade, sendo a área cultivada pequena, torna

possível que o trabalho seja realizado somente pela família, sem a contratação de força de trabalho. No entanto, há casos onde essa contratação se faz necessária em virtude dos proprietários já serem idosos ou não contarem com ajuda dos filhos para os trabalhos do campo.

Sendo este segmento guiado ainda na contemporaneidade pelos princípios da hierarquia familiar, essa contratação de força de trabalho complementar é feita pelo pai de família (chefe). Portanto, “O pai de família contrata trabalhadores temporários durante o pico do ciclo agrícola, pois é o volume de trabalho realizado neste momento que irá determinar o trabalho realizado durante todo o ciclo. Por isso, os trabalhadores temporários irão viabilizar a atividade dos membros da família, e não a ela se opor” (Woortmann, 1990, P. 26). O recurso do assalariamento temporário representa, portanto, o meio pelo qual o lavrador consegue desenvolver as atividades do ciclo agrícola com mais eficiência e rapidez, fortalecendo o trabalho realizado pelos membros da família, além de que esta prática possibilita a migração dos filhos, no sentido que o trabalhador assalariado substituiu aquele que migrou temporariamente.

Sobre o assalariamento Woortmann (1990, p. 26) afirma “ele torna possível ao pai desenvolver o negócio ou a arte e possibilita a migração (sazonal, temporária ou definitiva) dos filhos, necessária à reprodução social do campesinato”. A migração “[...] pode ter como objetivo obter recursos que permitam a contratação de trabalhadores assalariados, de modo a preservar a família, e a mulher em particular” (Woortmann, 2009, p. 227). É comum que esta ocorra em vários momentos durante o ano, porém, ela ocorre geralmente quando a atividades agrícolas não estão a todo vapor, havendo também casos em que acontece quando há força de trabalho suficiente no grupo familiar para executar as atividades rurais. “A migração é então uma forma de utilizar um fator de produção ocioso e expressa uma divisão de trabalho clássica nas práticas de reprodução social camponesa” (Tepicht, 1973, *Apud*, Woortmann, 2009, p. 222).

De acordo com Woortmann (2009, p. 226), “migrar, portanto, é um recurso para manter a mulher no domínio da casa, espaço por excelência da mãe de família. Não se trata meramente de manter a subordinação da mulher, mas de preservar sua dignidade e o status da família em geral”. Entretanto, no campesinato os indivíduos são preparados para viver e produzir no campo, baseados em princípios de reciprocidade e solidariedade, que em sua essência diferem das regras impostas pela indústria no sistema capitalista, dessa maneira a vida na cidade apresenta-se distinta da que é vivenciada no campo em muitos aspectos, fazendo com que segundo Queiroz (2009, p. 57) “além da degradação econômica, sofrem os sítiantes também a degradação social. Passam a viver, outrossim, num universo para o qual não foram preparados, pois os valores da vida rural são inteiramente diferentes dos valores da vida urbana”.

Portanto, no campesinato há uma gama de fatores relacionados às relações de produção camponesas, sendo a contratação de trabalhadores temporários muito comuns nesse segmento. A contratação dessa força de trabalho alternativa representa também a autonomia do camponês sobre a produção, bem como a migração representa possibilidades de reprodução do camponês.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O campesinato representa resistência no enfrentamento das lutas pelo direito a sua reprodução no campo. Nesse sentido, reproduzir-se na terra para o camponês significa garantir a manutenção da tradição do seu modo de viver e produzir, apresentando-se como um segmento forte e permanente no cenário agrícola. Desse modo, muitas são as peculiaridades intrínsecas nas relações estabelecidas no processo produtivo no campo, haja vista a amplitude que envolve as questões operacionais na produção.

Portanto, este modo de vida e de produzir abriga além da mão de obra familiar predominante na produção agrícola a contratação de trabalhadores temporários/diaristas como forma de otimizar a labuta no campo, levando em consideração que este permite relações capitalistas nos processos que envolvem a produção, mesmo sendo um segmento não capitalista.

6. REFERÊNCIAS

BOMBARDI, Larissa Mies. **O Bairro reforma agrária e o processo de territorialização camponesa**. São Paulo: Annablume, 2004.

BRANDÃO, Carlos Rodrigues. O Trabalho como festa: algumas imagens e palavras sobre o trabalho camponês acompanhado de canto e festa. In: GODOI, Emília Pietrafesa. MENEZES, Aparecida. MARIN, Rosa Azevedo (orgs.). **Diversidade do campesinato: expressões e categorias**. V.1.: Construções identitárias e sociabilidades: São Paulo: Editora UNESP, Brasília, DF: Núcleo de estudos agrários e Desenvolvimento rural, 2009.

CÂNDIDO, Antonio. As formas de solidariedade (1964). In: WELCH, Clifford Andrew [et.al]. (org). **Camponeses brasileiros: leituras e interpretações clássicas**. São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: Núcleo de estudos agrários e desenvolvimento rural, 2009.

OLIVEIRA, Ariovaldo Umbelino de. **Modo de Produção Capitalista, Agricultura e Reforma Agrária**. São Paulo: Labur Edições, 2007.

QUEIROZ, Maria Izaura Pereira. Uma categoria rural esquecida (1963). In: WELCH, Clifford Andrew [et.al]. (org). **Camponeses brasileiros: leituras e interpretações clássicas**. São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: Núcleo de estudos agrários e desenvolvimento rural, 2009.

SANTOS, José Vicente Tavares. **Colonos do Vinho**. Hucitec, São Paulo, 1978.

SILVA, Arlete Mendes da; INÁCIO, Jaqueline Barros. Modo de vida camponês na contemporaneidade. In: **XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária**. UFU. 2012.

WANDERLEY, Maria de Nazareth B. O camponês: um trabalhador para o capital. In: **Cad. Dif. Tecnol.**, Brasília, 2(1):13-78, jan./abr.1985.

WOORTMANN, Klaas. “Com Parente Não se Neguceia”: o campesinato como ordem moral. In: **Anuário Antropológico/87**. Editora Universidade de Brasília/Tempo Brasileiro, 1990.

WOORTMANN, Klaas. Migração, Família e Campesinato (1990). In: WELCH, Clifford Andrew [et.al]. (org). **Camponeses brasileiros: leituras e interpretações clássicas**. São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: Núcleo de estudos agrários e desenvolvimento rural, 2009.

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE SÃO GONÇALO, SEMIÁRIDO NORDESTINO

Joelson Nunes Freire¹, Maria Cristina dos Santos Pereira¹, Jeremias Sousa Peruzzo¹, Luiz Daniel Rodrigues da Silva¹, Maurício Javier De Leon¹, Guttemberg da Silva Silvino¹

¹Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Campus II, Areia-PB, e-mail: joelsonjonunes@hotmail.com.

RESUMO

Apesar da importância da caracterização morfométrica, principalmente, no auxílio ao gerenciamento de recursos hídricos do semiárido Nordeste, existe inúmeras bacias hidrográficas com elevada importância para a população que ainda não apresentam essa análise hidrológica. Sendo assim, o trabalho objetivou realizar a análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude São Gonçalo, com auxílio de sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica. O Açude São Gonçalo, localizado na mesorregião do Sertão Paraibano é utilizado para múltiplos usos da água incluindo o abastecimento público dos municípios de Marizópolis, Sousa e do Distrito de São Gonçalo, além da irrigação do Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG). O Modelo Digital de Elevação utilizado foi proveniente da Missão SRTM, disponibilizado na base de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), com resolução espacial de 30m, o pré-processamento, análise e caracterização morfométrica dos dados foi realizada através de uma sequencia de passos automatizados em Sistema de Informação Geográfica. A base de dados utilizada foi obtida através de imagens SRTM disponibilizadas pela NASA, e o processamento e gerenciamento dos dados em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica, utilizando-se o software ArcGis 9.3.3[®], através da ferramenta *Spatial Analyst Tools* do aplicativo *ArcToolbox*. De acordo com os resultados obtidos, a bacia hidrográfica foi classificada como sub-bacia hidrográfica do Açude São Gonçalo. A caracterização morfométrica da Sub-bacia do Açude São Gonçalo apresentou parâmetros que indicam um formato alongado, com tendência para ocorrência de inundações, com altitudes baixas e predominância de relevo plano a suave ondulado.

Palavras Chave: Geotecnologias, Recursos hídricos, Sistema de informação geográfica.

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade e usos da água na região Nordeste do Brasil, particularmente na região semiárida, continuam a ser uma questão importante e limitante para o desenvolvimento socioeconômico (SILVA et al., 2017). É fato que grandes esforços vêm sendo empreendidos com o objetivo de atenuar a situação e promover melhora na qualidade de vida do sertanejo (SOARES, 2013). Ao se tratar de recursos hídricos e, conseqüentemente, sua disponibilidade, a unidade ideal de gerenciamento corresponde à bacia hidrográfica. Nesse sentido, salienta-se que o manejo inadequado de pequenas bacias nesta região, pode proporcionar sérios reflexos negativos, como alterações das respostas hidrológicas, erosão em áreas agrícolas e redução da capacidade hidráulica de reservatórios (ARAÚJO et al., 2006).

Um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, é a caracterização morfométrica, também denominadas morfológicas ou simplesmente físicas da bacia hidrográfica (GUIMARÃES et al., 2019). A caracterização envolve estudos quantitativos do relevo (ALVES et al., 2016), tendo como objetivo esclarecer questões sobre o entendimento das dinâmicas, locais e regionais, da infiltração, quantidade de deflúvio, evapotranspiração, e do escoamento superficial e subsuperficial, associando a elementos físicos e bióticos de uma bacia hidrográfica (SILVA et al., 2018). Como resultado, ocorre a determinação das características hidráulicas do rio de interesse, além da delimitação de sua bacia hidrográfica, de suas sub-bacias e da geração da rede de drenagem (SIQUEIRA et al, 2016), dando suporte a projetos vinculados ao controle de erosão, regularização de corpos d'água, suscetibilidade a inundação e preservação do meio ambiente (DEODORO & FONSECA, 2014).

Tradicionalmente, até cerca de três décadas atrás, estas atividades eram executadas manualmente a partir de dados levantados em campo, cartas topográficas e fotos aéreas (SIQUEIRA et al, 2016), mas, com a implementação das geotecnologias esse procedimento tornou-se mais rápido. Para executar a caracterização morfométrica é necessário inserir os dados matriciais contendo informações do relevo em um Sistema de Informação Geográfica-SIG, permitindo o conhecimento de características em quaisquer bacias hidrográficas (LOPES et al., 2018). Essas informações do relevo estão inseridas nos Modelos Digitais de Elevação (MDE) distribuídas, gratuitamente, a partir da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM). Sua utilização promove um ganho para a comunidade científica, devido a possibilidade de realizar estudos em escala de maior detalhe e precisão de maneira gratuita (DA CUNHA & BACANI, 2019).

Apesar da importância da caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica, principalmente, no auxílio ao gerenciamento de recursos hídricos do semiárido Nordeste, existe inúmeras bacias hidrográficas com elevada importância para a população que ainda não apresentam essa análise hidrológica. Uma delas é a Bacia hidrográfica do Açude São Gonçalo, utilizado para abastecimento público e irrigação do Perímetro Irrigado de São Gonçalo. Sendo assim, o trabalho objetivou realizar a análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude São Gonçalo, com auxílio de sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O Açude São Gonçalo foi construído em 1936, com capacidade para 44,6 milhões de metros cúbicos de água sendo, sendo utilizado para múltiplos usos da água incluindo o abastecimento público dos municípios de Marizópolis, Sousa e do Distrito de São

Gonçalo, além da irrigação do Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG). Está localizado na mesorregião do Sertão Paraibano, onde a vegetação predominante é a caatinga hiperxerófila, com predominância da formação arbustiva arbórea aberta classificada por Freitas (2012). De acordo com Alvares et al. (2013) o clima é classificado como clima tropical, com chuvas de inverno (As).

O Modelo Digital de Elevação utilizado foi proveniente da Missão SRTM, disponibilizado na base de dados do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) na plataforma Earth Explorer, com resolução espacial de 30m. Após a obtenção do SRTM, realizou-se o pré-processamento através da eliminação dos pixels sem valores de elevação, originando um novo MDE, a partir de então foi possível gerar os mapas com as informações de direções de fluxo e de declividade. Todo esse procedimento de pré-processamento e análise do dado matricial foi realizado em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, utilizando-se o software ArcGis 9.3.3[®], através da ferramenta *Spatial Analyst Tools* do aplicativo *ArcToolbox*. Neste processo foram gerados mapas de direção de fluxo, fluxo acumulado e drenagem, bem como a delimitação da referida Bacia hidrográfica a partir do ponto exutório selecionado, que neste caso, foi utilizado a cota de sangradouro do açude São Gonçalo.

Os mapas gerados subsidiaram a segunda etapa da pesquisa: realizar a análise morfométrica a partir de equações utilizadas no cálculo das características geométricas, hidrológicas (características da rede de drenagem) e de relevo, as quais foram calculadas da seguinte maneira:

- **Características Geométricas:**

- a) Coeficiente de compacidade (Kc) – Eq.1: valor adimensional que permite relacionar a forma da bacia com um círculo (OLIVEIRA & ANTÔNIO, 2015):

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad [\text{Eq.1}]$$

Onde: P (Km): perímetro total da bacia hidrográfica; A (Km²): área total.

Para interpretação dos valores de Kc adotou-se os critérios estabelecidos por VILLELA & MATTOS (1975).

- b) Fator de forma (Kf) – Eq. 2: relação entre a área da bacia (A), em km², e o comprimento axial da bacia (Lx), em km:

$$Kf = \frac{A}{Lx^2} \quad [\text{Eq.2}]$$

Para interpretação dos valores de Kc adotou-se os critérios estabelecidos por VILLELA & MATTOS (1975).

- c) Razão de alongação (Re) – Eq.3: relação entre o diâmetro do círculo de área igual à área da bacia e o comprimento do eixo da bacia.

$$Re = 1,128 \left(\frac{A^{0,5}}{Lax} \right) \quad [\text{Eq.3}]$$

- d) Índice de circularidade (Ic) – Eq.4: relação entre a área (A), em km², e o perímetro (P), em km (TONELLO, 2005):

$$Ic = 12,57 \left(\frac{A}{P^2} \right) \quad [\text{Eq.4}]$$

- **Características Hidrológicas:**

- a) Densidade de Drenagem (Dd) – Eq.6: fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede (Ltot, km) e a área total da bacia (A, km) (ANTONELI & THOMAZ, 2007);

$$Dd = \frac{L_{tot}}{A} \quad [\text{Eq.6}]$$

A densidade de drenagem foi interpretada segundo França (1968).

- b) Coeficiente de torrencialidade (Ct) – Eq.8: calculado através da multiplicação da densidade hidrográfica pela densidade de drenagem.

$$Ct = Dh \cdot Dd \quad [\text{Eq.8}]$$

- c) Sinuosidade do curso d'água (SIN) – Eq.9: representada pela relação entre o comprimento do rio principal (L_p , km) e o comprimento de seu talvegue (L_t , km), que é o comprimento reto do canal medido da nascente até a foz conforme Alves e Castro (2003).

$$SIN = \frac{L_p}{L_t} \quad [Eq.9]$$

• **Características do Relevo:**

- a) Os seguintes parâmetros para caracterização do relevo foram calculados automaticamente através da ferramenta *HydroCharacteristics*, desenvolvida por Silva et al. (2009): Lado maior do retângulo equivalente (L), Lado menor do retângulo equivalente (L_r), Declividade máxima do rio (I_{max}), Declividade média do rio (I_{med}) e Elevação média bacia (C_{med}).
- b) Declividade (I) – Eq.10: calculada através da relação entre (H) que corresponde a variação entre as cotas que definem o início e o fim do canal, com o comprimento do canal (L) entre esses pontos:

$$I = \frac{\Delta H}{L} \quad (Eq.10)$$

Para interpretação das classes de declividade da bacia foi utilizada a classificação da EMBRAPA (1979).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A delimitação da Bacia Hidrográfica do Açude São Gonçalo culminou com a geração do seu limite e da rede de drenagem (Figura 1), bem como possibilitou quantificar a área e perímetro que apresentaram, respectivamente, 305,47 km² e 106,98 km. Esse resultado permitiu realizar a comparação da área de drenagem com a classificação proposta por Faustino (1996), constatando-se que esse valor está situado entre 100 e 700 km², definindo-a como uma sub-bacia hidrográfica. Vale salientar, que essa classificação proposta anteriormente, deve ser vista não apenas em termos de área superfície total, mas o que deve ser observado é a maior sensibilidade a alterações que sub-bacias e microbacias hidrográficas apresentam às mudanças no ecossistema, decorrente, por exemplo, da alteração da cobertura e uso do solo ou no regime hidrológico (TEODORO et al, 2007).

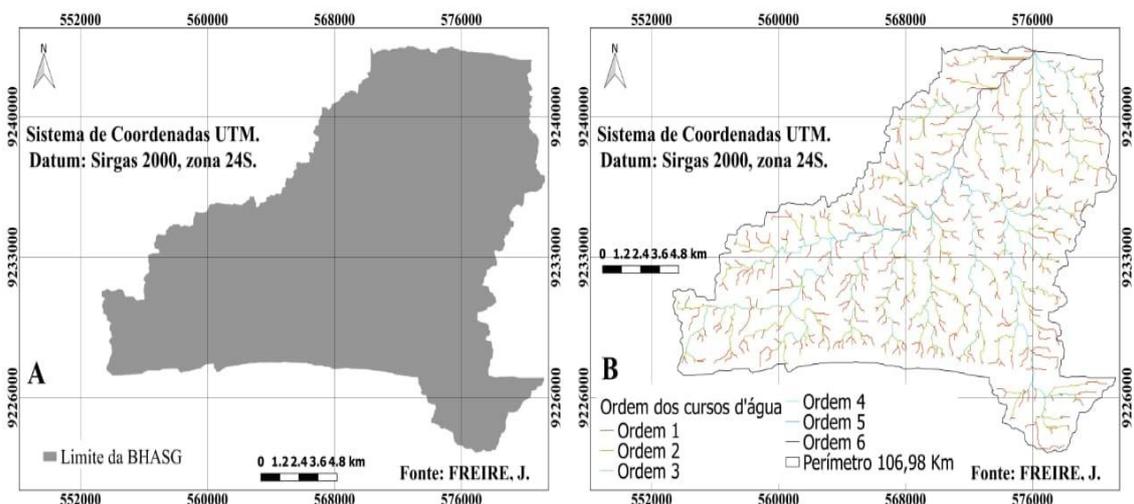


Figura 1. Limite (A) e Rede de drenagem (B) da Bacia Hidrográfica do Açude São Gonçalo.

Fonte: FREIRE, J. N.

Caracterização Morfométrica

Os resultados da caracterização morfométrica da Sub-Bacia Hidrográfica do Açude São Gonçalo - SBHASG, estão sendo apresentados na Tabela 1. Adicionalmente, foram inseridos os resultados das pesquisas realizadas por Pereira et al, 2015, Guimarães et al (2019), Santos et al (2012), Santos et al (2018), Feitosa et al (2011) e Sousa et al (2016).

Ao realizar uma análise dos dados da pesquisa e comparando-os com valores dos obtidos pelos autores citados no parágrafo anterior, observou-se uma diversidade nos resultados, situação que ratifica a necessidade de realização da caracterização morfométrica em cada bacia hidrográfica. Essa situação também foi observada por Guimarães et al (2019), afirmando que essa diversidade de resultados leva em consideração características próprias de cada região, justificando que esse tipo de pesquisa seja replicada quantas vezes forem necessárias, auxiliando no planejamento e manejo sustentável de bacias hidrográficas.

Para verificar a forma da bacia hidrográfica, bem como sua suscetibilidade a enchentes, três índices devem ser avaliados conjuntamente, são eles: índice de compacidade (Kc), índice de circularidade (Ic), e o fator de forma (Kf) (PEREIRA et al., 2015; GUIMARÃES et al, 2019).

Tabela 1. Características geométricas da Sub-bacia hidrográfica do Açude São Gonçalo (SSBHASG) em comparação com a literatura.

Características analisadas	SBHSG	Pereira et al (2015)	Guimarães et al (2019)	Santos et al (2012)		Santos et al (2018)	Alves et al (2016)	Sousa et al (2016)
				Sub-bacias Perdizes	Sub-bacias Fojo			
Características geométricas								
Área (km ²)	305,5	1034	111,5	12,7	13,97	7625,9	199,1	512,873
Perímetro (km)	107	219,15	59,2	19,87	19,74	526,4	78,25	181,859
Comprimento curso perímetro (km)	32,19	63,62	187,77	-	-	-	29,27	-
Largura média	13,01	-	7,78	-	-	-	-	-
Coefficiente de compacidade	1,71	1,9	1,57	1,56	1,48	1,7	1,553	2,0248
Fator de Forma	0,55	0,255	0,54	0,27	0,29	0,46	0,23	0,095
Índice de Circularidade	0,34	0,27	0,4	0,41	0,45	0,34	0,41	0,194
Características hidrográficas								
Coefficiente de Torrencialidade	2,18	0,041						
Ordem dos cursos d'agua	6	4					4	
Densidade hidrográfica (canais/km ²)		0,118	1,123	6,14	8,3	0,34	0,28	-
Densidade de drenagem (Km/Km ²)	1,77	0,35					0,661	
Índice de Bifurcação	3,65	4,1						
Sinuosidade	1,37	1,15					1,57	
Índice de Rugosidade	962,6	22,75					155,25	
Características do Relevo								
Declividade máxima do rio (m/m)	0,018							
Declividade média do rio (m/m)	0,008							
Elevação média da Bacia (m)	320,6	52,5					777,88	
Lado maior do Retângulo envolvente (Km)	49,99							

Lado menor do Retângulo envolvente (Km)	6,501
---	-------

O coeficiente de compacidade (K_c) de 1,71 obtido na SBHASG se assemelha ao obtido por Santos et al (2018), cujo valor, segundo o autor indica que a bacia tem forma mais alongada, não tendendo a ocorrência de picos de enchentes. Em relação ao Fator de Forma (K_f) de 0,55 que semelhante ao obtido por Guimarães et al (2019), indica uma possibilidade mediana de haver enchentes na bacia. Já o índice de circularidade (I_c) de 0,34, observado na SBHASG é igual ao obtido por Santos et al (2018) diagnosticando em seu estudo, que a bacia tem tendência a exibir forma mais alongada, não favorecendo a processos de inundação, possibilitando escoamento bem distribuído no tempo e, portanto, baixo potencial de enchentes, ratificando o parâmetro referente ao K_c .

O comprimento do curso perímetro (L_t) corresponde a 32,19Km. De acordo com Pereira et al (2015), este parâmetro compreende a distância que se estende desde a desembocadura até uma determinada nascente no outro extremo”. Já para a largura média (L_m), que é a relação entre a área e o comprimento do curso d’água principal da Bacia, obteve-se o valor de 13,01 km.

Segundo Damasco et al. (2014) o coeficiente de torrencialidade (C_t) confere a predisposição natural da bacia a riscos de inundações, sendo este o parâmetro mais utilizado para indicativo de inundações em uma bacia hidrográfica. O C_t para a SBHASG apresentou um valor de 2,18 n/km², sendo um indicativo que a mesma tem tendência para ocorrência de inundações. A ordem dos cursos d’água (O_r) para a SBHASG, foi de ordem 6 (Tabela 1). Esse parâmetro, que também pode ser observado no Mapa da Rede de Drenagem de SBHASG (Figura 1B), indica o grau de ramificações de sua rede de drenagem, e seu valor é comum em relação ao tamanho de sua área. Segundo Pereira et al. (2015), “os processos erosivos tendem a ser mais severos na região mais alta da bacia hidrográfica, que é formada basicamente pelos rios de primeira ordem”. Desse modo, a SBHASG está mais sujeita a processos erosivos nos rios de primeira ordem (Figura 1B), principalmente na região sul e pouco do nordeste da Bacia, onde estão concentradas as maiores declividades e altitudes, cujo mapeamento está apresentado na Figura 2 A e 2B.

A densidade de drenagem (D_d) obtida na SBHASG foi de 1,77 km/ km² (Tabela 1), indicando que a mesma apresenta boa drenagem, seguindo a classificação proposta por Villela & Mattos (1975), os quais sugerem que esse índice pode variar de 0,5 km/ km² em bacias com drenagem pobre, a 3,5 km/ km² ou mais, para bacias bem drenadas. Dessa forma o D_d contribui para que a mesma não sofra riscos de enchentes.

O índice de bifurcação (R_b), expressa a relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior. Este índice indica o grau de dissecação da bacia hidrográfica e, quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecação, valores geralmente abaixo de 2 indicam relevo colinoso (PEREIRA et al., 2015). Neste sentido, o valor de 3,65 apresentados pelo R_b (Tabela 1) da Bacia em estudo informa que seu grau de dissecação é elevado, portanto, a área da Bacia contém elevações com substratos rochosos, conseqüentemente com menor infiltração de água pluvial e maior escoamento superficial, principalmente nos pontos de maiores altitudes.

Para interpretação da Sinuosidade (SIN), Teodoro et al (2007), propôs uma classificação na qual bacias que apresentam valores próximos a 1,0, indicam que o canal tende a ser retilíneo, já as que apresentam valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares, com pequena capacidade de acúmulo de sedimentos. Dessa forma, o valor

de 1,37 que apresentado para SIN da SBHASG, é um indicativo que o canal principal da Bacia é irregular, como pode ser visualizado na Figura 1B.

Outro parâmetro que indica que a sub-bacia em estudo possui alto risco de degradação ambiental foi o Índice de Rugosidade (IR) com valor de 962,64. Esse parâmetro foi superior ao encontrado na Bacia do Rio do Peixe-boi caracterizada por Pereira et al. (2015), que detectaram um valor de 22,75 para esse índice, o que segundo os autores, foi pouco representativo e define menor risco de degradação da bacia, uma vez que apresenta pouca variação em seu relevo, com poucos desníveis entre a cabeceira e a seção de referência associados à densa rede de drenagem.

Maior parte da área de drenagem apresentou declividade variando do plano ao suave ondulado (Figura 2A), contribuindo diretamente com os baixos valores de 0,0180 m/m e 0,0083 m/m correspondentes, respectivamente, a declividade máxima (Imax) e declividade média do rio (Imed). Vale salientar que quanto menor a declividade de uma bacia, menor a velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, maior o tempo de concentração d'água na mesma, ocasionando riscos de inundações.

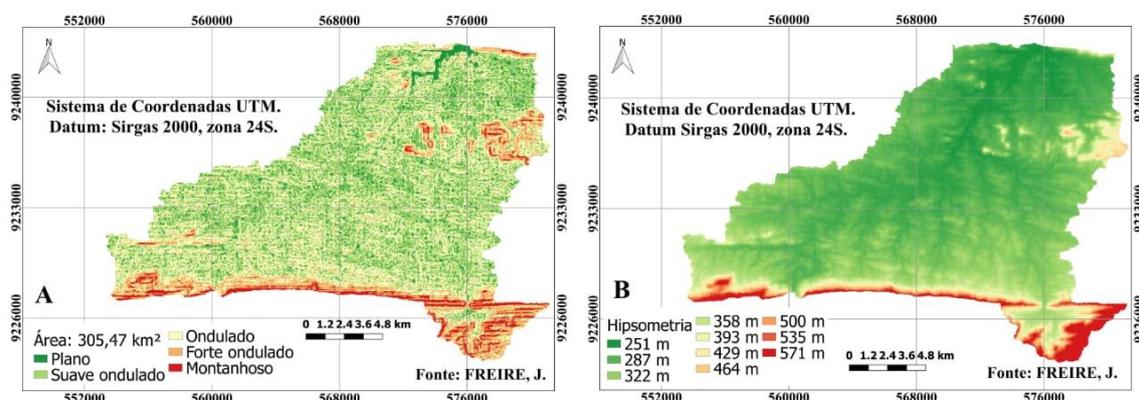


Figura 2. Mapeamento da declividade (A) e Hipsometria (B) da Sub-bacia Hidrográfica do Açude São Gonçalves.

Fonte: FREIRE, J. N.

Ao observar o mapa hipsométrico da SBHASG (Figura 2A), verifica-se que grande parte da área da bacia apresenta altitude baixa com valores que variaram entre 251 a 358 m. Vale salientar que altitude é um parâmetro que influencia diretamente na quantidade de radiação que a bacia recebe e, conseqüentemente, a evapotranspiração, temperatura e precipitação (TONELLO et al., 2006, apud PEREIRA et al., 2015), quanto menor a altitude maior a quantidade de energia solar contribuindo para a maior evapotranspiração. Situação que requer atenção maior para gerenciamento da SBHASG responsável por abastecimento público da população e suprimento adequado do Perímetro Irrigado do Açude São Gonçalves.

4. CONCLUSÕES

A caracterização morfométrica da Sub-bacia do Açude São Gonçalves apresentou parâmetros que indicam um formato alongado, com tendência para ocorrência de inundações, com altitudes baixas e predominância de relevo plano a suave ondulado.

As partes mais elevadas da Sub-bacia do Açude São Gonçalves, apresentaram uma maior declividade e que, dependendo do manejo e gerenciamento da área, está mais suscetível a degradação ambiental e, processos erosivos contribuindo com o assoreamento do rio e, conseqüentemente diminuição na capacidade de armazenamento d'água no Açude.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G.I. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, W.S; SCOPEL, I.; MARTINS, A. P.; MORAIS, W. A. Análise morfométrica da bacia do Ribeirão das Abóboras–Rio Verde (GO). *Geosciences= Geociências*, v. 35, n. 4, p. 652-667, 2016.

ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do Rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, v.33, n.2, p.117-124, 2003.

ARAÚJO, J. C.; GUNTNER, A.; BRONSTET, A. Loss of reservoir volume by sediment deposition and its impact on water availability in semiarid Brazil. *Hydrological Sciences Journal*, v.51, p.157-170, 2006.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. *Rev. Caminhos da Geografia*, v.8, n.21, p46-58, 2007.

CUNHA, E. R.; BACANI, V. M. Influência da resolução do MDE na caracterização morfométrica de bacia hidrográfica. *Caderno de Geografia*, v. 29, n. 59, p. 1029-1041, 2019.

DAMASCO, F. S.; FURTADO, T. V.; GONÇALVES, A. J. B. **Risco de inundação em áreas rurais: bacia do rio Luís Alves (SC)**. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v.18, n.1, p.99-118, 2014.

DEODORO, S. C.; FONSECA, B. M. Análise da bacia hidrográfica do rio Santa Bárbara (MG) baseada em análises morfométricas e multicriteriais. In: **Congresso Brasileiro de Cartografia, 26, Congresso Brasileiro de Geoprocessamento, 5** Exposicarta, 25, 2014, Gramado. Anais.... Rio de Janeiro: SBC, v.1, p.1-14, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). In: **REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS**, 10., 1979, Rio de Janeiro. Súmula... Rio de Janeiro, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FEITOSA, A.; SANTOS, B.; ARAÚJO, M. S. B. Caracterização morfométrica e identificação de áreas susceptíveis a erosão na bacia do rio Pajeú, PE: o estudo de caso da bacia do rio Pajeú/PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 4, n. 1, p. 820-836, 2011.

FRANÇA, G.V. de. 151f. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. Tese de Doutorado, ESALQIUSP, Piracicaba, 1968.

FREITAS, M. I. A. **Sub-Bacia do Alto Piranhas, Sertão Paraibano: percepção ambiental e perspectivas na gestão dos recursos hídricos.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil, 2012.

GUIMARÃES, H. S.; PERIRA, M. C. S.; GONDIM, S. C.; LEON, M. J.; SANTOS, E.G. Aplicação do SIG na Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves, Semiárido Brasileiro. In: FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; SÁ, Talita Freitas Filgueira de; BRAGA JÚNIOR, Joel Martins (org.). **Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação.** Campina Grande: Epgraf, 2018. v. 3. p. 88-98.

LOPES, I.; LEAL, B.G.; RAMOS, C.M. C. **Morphometric characterization of the basin in the semi-arid region of Pernambuco using SRTM data in free software.** 2018.

OLIVEIRA, B. R.; ANTÔNIO, G. B. Caracterização da bacia do Maxixe com auxílio de Sistemas de Informação Geográficas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, n.3, 2015.

PEREIRA, B. D. F.; MACIEL, M.; OLIVEIRA, F.; FERREIRA, B.; RIBEIRO, E. Geotecnologias com apoio de índices morfométricos para a caracterização da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense. **Enciclopédia Biosfera**, [s.l.], p.1351-1372, 3 dez. 2015.

SANTOS, F.A.; MENDES, L.M.S.; CRUZ, M.L.B. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Piracuruca, situada entre os estados do Ceará e do Piauí: Subsídios ao estudo das inundações. **Revista Equador (UFPI)**, v. 6, n. 1, p.60 – 75, 2018.

SANTOS, D. B.; VIDOTTO, M. L.; BERTINATTO, R.; MARCON, G. R.S; FRIGO, E. P. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio São José, Cascavel, PR. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias** 5, 7- 18, 2012.

SILVA, G. S.; SILANS, A. P.; DINIZ, L.S.; PORTO, R. Q. Aquisição automatizada de parâmetros morfológicos de bacias hidrográficas. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 18, Anais.... Campo Grande, 2009.

SILVA, S. N.; LOPES, F. G.; DE ANDRADE, F. E.; FERREIRA, C. B.; DANTAS, M. C. D. A. M.; SIQUEIRA, E. C. Efeitos da escassez hídrica na economia do perímetro irrigado de São Gonçalo, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável.** Revista Verde - ISSN 1981-8203 - (Pombal - PB) v. 12, n.1, p.132-137, jan.-mar, 2017

SILVA, G. C., ALMEIDA, F. P.; ALMEIDA, R. T. S.; MESQUITA, M.; JUNIOR, J. A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do riacho Rangel-Piauí, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.28; p. 244, 2018.

SIQUEIRA, V. A.; FLEISCHMANN, A.; JARDIM, P. F.; VENTILADOR, F. M.; COLLISCHONN, W. IPH-Hydro Tools: a GIS coupled tool for watershed topology acquisition in an open-source environment. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 21, n. 1, p.274-287, 25 fev. 2016.

SOUSA, F. R. C.; PAULA, D. P. de. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará–Brasil). **Revista de Geociências do Nordeste**, v.2, p.555-564, 2016.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas**. Guanhães, MG. 85f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

SOARES, E. Seca no Nordeste e a transposição do rio São Francisco. **Revista Geografias**, p. 75-86, 2013.

COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE POSICIONAMENTO GEODÉSICO NO GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS

Luiz Daniel Rodrigues da Silva¹, Maria Cristina Santos Pereira¹, João Henrique Barbosa da Silva¹, Jeremias Sousa Peruzzo¹, Joelson Nunes Freire¹, Guttemberg da Silva Silvino¹

¹Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Campus II, Areia-PB, e-mail: danel.luiz06@hotmail.com

RESUMO

O trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparando, em escala temporal de processamento, a acurácia posicional das coordenadas através do método de posicionamento relativo estático e o serviço PPP do IBGE. Para realização do trabalho foi instalada a base do equipamento GPS/GNSS L1\L2 RTK, marca Trimble modelo R4 HPB450, sobre um marco de concreto, materializado em um local aberto, sem a presença de objetos que pudessem intervir na captação dos sinais, situado na área experimental da Fazenda Lava Pés, microrregião do Brejo Paraibano, Nordeste do Brasil. Após o término do trabalho de campo foi realizada a transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GPS para computador através de cabo de comunicação (USB) e do software Trimble Business CenterTM. Em seguida foi realizado o processamento desses dados utilizando dois métodos: o primeiro método de processamento utilizado foi de Posicionamento por Ponto Preciso – PPP, com auxílio do serviço gratuito IBGE-PPP online, que foi realizado aos 21 e 44 dias após o levantamento; e o segundo método utilizado foi de posicionamento relativo, realizado no dia 07/10/2019 no qual os dados foram pós-processados por meio das estações da RBMC situadas em Campina Grande/PB e Natal/RN. O método de posicionamento relativo mostrou maior eficiência na correção das coordenadas quando a estação RBMC está mais próxima da coordenada de referência coletada no campo. A análise em escala temporal de processamento através do serviço PPP-online demonstrou que em 21 dias após a coleta e processamento dos dados é possível alcançar menores erros de posicionamento das coordenadas.

PALAVRAS-CHAVE: Receptores GNSS, Posicionamento relativo estático, RBMC.

1. INTRODUÇÃO

O georrerenciamento de imóveis rurais deve ser realizado de maneira inequívoca e precisa situação que exige a utilização de métodos de coleta e processamento de dados com maior precisão para atender a legislação vigente. Segundo Camargo et al. (2018), essa necessidade de determinação de coordenadas com elevada qualidade em termos de precisão e de acurácia tornaram o posicionamento via satélite (GNSS - Global Navigation Satellite System) uma ferramenta indispensável. Vale salientar, que Pinto et al. (2013), relatam que o GNSS é constituído por diferentes sistemas de posicionamento por satélites, podendo destacar o GPS (Global Positioning System), o GLONASS (Global Orbiting Navigation Sattelite System), o Galileo e o Beidou/Compass, bem como os sistemas de aumento como WAAS (Wide Area Augmentation System - USA), EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), o GAGAN (GPS Aided Geo Augmented Navigation - India), MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System - Japão).

Com o GNSS a transmissão dos dados de posicionamento e tempo com cobertura global opera a partir de um receptor que emprega trilateração na determinação da posição na superfície da Terra por completo ou não, da mesma maneira que, sincroniza os sinais de quatro ou mais satélites (GUO et al., 2018). No entanto, a precisão pode variar, sendo indispensável, submeter essas coordenadas do ponto base do levantamento a correções para atingir o rigor necessário dos dados (PERON et al., 2017), e para que o trabalho não seja comprometido. Nesse sentido, Camargo et al. (2018), explicam que entre os métodos de posicionamento GNSS, utilizados para correção das coordenadas, pode-se citar o método absoluto ou por ponto, no qual se utiliza apenas um receptor e o posicionamento relativo, que determina a coordenada a partir de uma estação base e onde se faz uso simultâneo de dois receptores.

Sendo assim, após a coleta dos dados no campo, objetivando o georreferenciamento e posterior cadastro do imóvel rural, é realizado o processamento das medidas GNSS, que pode ser executado de forma relativa a partir do transporte de coordenadas do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB ou de forma autônoma utilizando-se, por exemplo, o serviço de Posicionamento por Ponto Preciso, disponibilizado de forma gratuita e on-line pelo IBGE (CAMARGO et al., 2018). Vale resaltar que esses métodos de posicionamento estão descritos na Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais, indicados para estabelecimento dos vértices desde que se respeite a precisão de cada tipo de acordo com a terceira edição da NTGIR: artificiais - 0,50 m, naturais - 3,0m e inacessíveis - 7,50 m (INCRA, 2013).

O posicionamento relativo, de forma habitual, tem sido empregado em levantamentos de alta precisão, alcançando níveis milimétricos, em contra partida, recentemente, têm-se disponíveis os denominados serviços de PPP online, que vem obtendo destaque na geodesia, devido à praticidade e bons resultados proporcionados (ALMEIDA; POZ, 2016).

A comparação entre esses métodos de posicionamento não se restringe somente a precisão da coordenada, mas também como se pode chegar a uma boa acurácia com menor custo, haja vista que, apesar do método relativo estático ser mais confiável, ele também se torna mais oneroso em decorrência dos seguintes aspectos: a utilização de dois receptores, a licença de software de processamento e tempo de processamento dos dados GPS (PERDIGÃO; SANTOS, 2010). Outro ponto a ser ressaltado, relaciona-se

com IBGE, onde o mesmo disponibiliza diariamente parâmetros de ajuste cada vez mais precisos, à medida que vão sendo incorporadas correções dos erros de órbita e de relógio dos satélites (PERON et al., 2017). Sendo assim, o trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparando, em escala temporal de processamento, a acurácia posicional das coordenadas através do método de posicionamento relativo estático e o serviço PPP do IBGE.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo e Instalação da Base do GPS

Para realização do trabalho foi instalada a base do equipamento GPS/GNSS L1\L2 RTK, marca Trimble modelo R4 HPB450, sobre um marco de concreto, materializado em um local aberto, sem a presença de objetos que pudessem intervir na captação dos sinais, situado na área experimental da Fazenda Lava Pés, microrregião do Brejo Paraibano, Nordeste do Brasil.

A instalação dessa base tem como objetivo obter o ponto de Referência de Nível (Base), para posterior utilização como referência para o levantamento dos pontos móveis e futuro georreferenciamento do referido imóvel. Esse local ficou definido como RNMuseu - Referência de Nível do Museu, a antena do receptor foi instalada a uma altura de 1,230 m, medida do RNMuseu até o centro do ressalto amarelo. O tempo de rastreio foi de 04h10min, iniciando-se das 09h30min até 13h30min do dia 12/08/2019.

Métodos de Processamento

Após o término do trabalho de campo foi realizada a transferência automática dos arquivos brutos dos receptores GPS para computador através de cabo de comunicação (USB) e do software Trimble Business Center™.

Em seguida foi realizado o processamento dos dados utilizando dois métodos.

O primeiro método de processamento utilizado foi o de Posicionamento por Ponto Preciso – PPP, com auxílio do serviço gratuito IBGE-PPP online, que foi realizado aos 21 e 44 dias após o levantamento. O primeiro passo nesse procedimento corresponde a conversão dos arquivos brutos do GPS para o formato RINEX, em seguida, esse arquivo foi importado diretamente na página <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>. O processamento dos dados é realizado e disponibilizado instantaneamente através de um link para download das informações de saída, que contém um arquivo no formato KML (Keyhole Markup Language), o que indica o local aproximado do rastreio, um arquivo com o relatório de pós-processamento em PDF, um arquivo SUM com o relatório do resultado com as coordenadas do processamento estático e um arquivo POS, com a informação ao longo do tempo. O intuito de realizar esse processamento em diferentes épocas é que os parâmetros de ajuste cada vez mais precisos, vão sendo disponibilizados pelo IBGE com o passar dos dias, à medida que vão sendo incorporadas correções dos erros de órbita e de relógio dos satélites (PERON et al., 2017).

O segundo método utilizado foi o de posicionamento relativo, realizado no dia 07/10/2019 no qual os dados foram pós-processados por meio das estações da RBMC. Para isso fez-se necessário acessar o site do IBGE, no qual foram obtidos os arquivos de navegação e de observação da RBMC mais próxima do levantamento, sendo selecionadas as estações localizadas em Campina Grande – PB e Natal – RN. Esses arquivos e os dados brutos do levantamento foram importados para o software Trimble

Business Center™, em seguida, as duas linhas de base foram ajustadas, gerando, um ponto para cada linha de base, com coordenadas e desvios-padrão distintos. Vale salientar, que as coordenadas oficiais dessas estações, descritas nas respectivas monografias e disponibilizadas no site do IBGE, referem-se à época 2000,4 e adotam o Sistema de Referência Geocêntrico das Américas - SIRGAS2000.

Análise comparativa das coordenadas

Com as coordenadas corrigidas pelos dois métodos de posicionamento, comparando-as com coordenada bruta realizou-se uma análise comparativa das posições com auxílio do Sistema de Informação Geográfica, QGIS, versão 3.10, no qual foi confeccionado um mapa indicando a distâncias entre as coordenadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os relatórios gerados no processamento PPP-online após o levantamento do vértice foi utilizado como base para confecção da Tabela 1, na qual estão indicados as coordenadas UTM Norte e Leste, coletadas no dia do levantamento, aos 21 e 44 dias de processamento pelo método do ponto preciso. Adicionalmente, calculou-se a diferença posicional entre as coordenadas brutas e processadas.

Aos 21 dias de processamento verificou-se um ajuste da posição da coordenada UTM Norte e leste de, respectivamente, 0,221m e 0,063. Observou-se também que a altitude geométrica não sofreu nenhum ajuste posicional. Já em relação ao processamento depois de 44 dias do levantamento demonstrou o mesmo resultado obtido aos 21 dias para as coordenadas Norte e Leste, mas a altitude geométrica variou com os dias após o processamento, passou de 513,83 m (21 dias) para 513,77 m aos 44 dias após o processamento PPP-online. Esse resultado corrobora com Peron et al. (2017), que obtiveram um ajuste na Altitude Ortométrica ao processar os dados pelo PPP-online do IBGE depois de 26 dias do levantamento. Segundo Silva e Silva (2017), os processamentos dos mesmos dados de posição em dias diferentes permitem comparar diversos fatores como: o desempenho dos algoritmos de ajustamento, resolução de ambiguidades, padrões atmosféricos e injunções das estações.

Outro dado disponibilizado no relatório do PPP-online corresponde ao desvio padrão (σ), com a confiabilidade de 95%, verifica-se que nos dois períodos de processamento esses valores foram iguais para as coordenadas UTM leste e norte, bem como a altitude ortométrica. Possivelmente, o ajuste da coordenada deve ter sido suficiente aos 21 dias iniciais de processamento.

Tabela 1. Dados processados pelo método de Posicionamento por Ponto Preciso – PPP.

	UTM N (m)	UTM E (m)	Altitude Geométrica (m)
21 dias após o levantamento			
2000,4*	9228856,069	199894,951	513,83
12/08/2019**	9228856,29	199894,888	513,83
Diferença posicional	0,221	0,063	0
Sigma(95%)***	0,002	0,004	0,007
44 dias após o levantamento			
2000,4	9228856,069	199894,951	513,77
12/08/2019	9228856,29	199894,888	513,77

Diferença posicional	0,221	0,063	0
Sigma(95%)	0,002	0,004	0,007

Fonte:Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), 2019, IBGE (2019).

*2000,4: A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS;

** : Data do levantamento;

***: desvio padrão

Os relatórios de pós-processamento com as estações da RBMC são disponibilizados pelo próprio software de processamento, os quais contém os dados coletados pelo sistema em questão e os descritivos das estações de estudo, que foram utilizado para confecção da Tabela 2.

Entre as duas estações RBMC utilizadas no processamento relativo, observou-se que a estação de Campina Grande apresentou a melhor precisão horizontal e vertical quando comparado com a Estação RBMC de Natal. Os valores do erro apresentam magnitude milimétrica/centimétrica assim como o verificado por Klein et al (2010). Em consonância, Costa e Fortes (2010), relatam que com a alternativa de se utilizar mais de uma estação da RBMC como base, aumentando o rigor da determinação. Entretanto, esses resultados podem estar associados com a distância entre o ponto com a coordenada de referência e as estações RBMC que são, respectivamente de, 34,4 e 136 km para Campina Grande e Natal.

Tabela 2. Dados processados pelo método de Posicionamento relativo: RBMC.

	UTM N (m)	UTM E (m)	Altitude Geométrica (m)
Pós-processamento Estação RBMC Campina Grande/PB			
07/10/2019*	9228856,021	199894,958	513,803
12/08/2019**	9228856,29	199894,888	513,77
Diferença posicional	0,269 m	0,070 m	0,033 m
Precisão Horizontal		0,004 m	
Precisão Vertical		0,024 m	
Pós-processamento Estação RBMC Natal/RN			
07/10/2019	9228856,182	199894,966	513,614
12/08/2019	9228856,29	199894,888	513,77
Diferença posicional	0,108 m	0,078 m	0,156 m
Precisão Horizontal		0,023 m	
Precisão Vertical		0,097 m	

Fonte: Relatório do processamento pelas estações de Campina Grande e Natal (RBMC), 2019, RBMC (2019).

*:Data do processamento.

** : Data do levantamento.

As coordenadas obtidas após o processamento com os métodos de posicionamento relativo e absoluto, bem como a obtida na data do levantamento foram processadas em ambiente SIG e utilizadas para confecção do mapa (Figura 1), que disponibiliza as distâncias horizontais entre as coordenadas coletadas no dia do levantamento e as processadas pelos métodos.

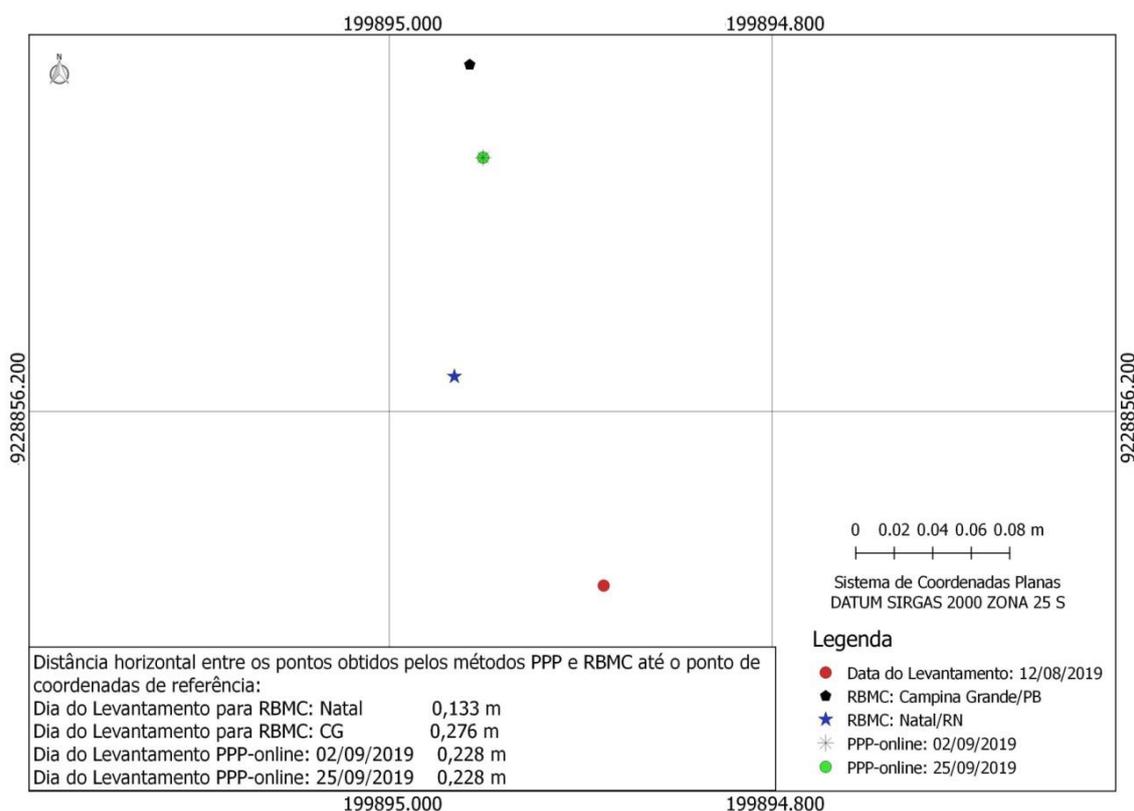


Figura 1. Mapa contendo a distância horizontal entre as coordenadas processadas pelos métodos relativo e absoluto em relação a obtida na data do levantamento.

Fonte: PEREIRA, M.C.S. (2020).

A coordenada ajustada pela estação RBMC: Campina Grande foi corrigida em 0,276 m quando comparada ao dado coletado no dia do levantamento, esse valor está mais próximo do encontrado pelo método PPP-online nos dois períodos (21 e 44 dias), no entanto, a coordenada corrigida pela estação RBMC: Natal foi bem inferior as demais. Mas, como essa situação pode interferir no georreferenciamento de imóveis rurais? Uma possibilidade é que após o levantamento em campo e sua distância com a estação RBMC mais próxima, pode-se dar preferência ao serviço PPP-online do IBGE por duas vantagens: a primeira é que o custo é menor, não requerendo a aquisição de um software específico de processamento; e, a segunda vantagem é o menor erro posicional.

Vale salientar que as precisões das coordenadas obtidas pelos dois métodos de posicionamento GNSS foram satisfatórias para aplicação no georreferenciamento de imóveis rurais, dessa maneira, quando se tratando do método RBMC, os resultados obtidos foram de 0,024 m e 0,097 m para a estação localizada em Campina Grande e em Natal, respectivamente. Em consonância, os dados de pós-processamento referentes ao método PPP se mantiveram estáveis com 0,007 m quando processados em dias distintos após o levantamento. Assim como nos trabalhos desenvolvidos por Camargo et al. (2018) e Peron et al. (2017), os resultados exibidos anteriormente indicam que as diferenças para planimetria atingiram valores inferiores ao limite de 0,5 m, prescrito pela NTGIR para vértices de divisas artificiais, dessa forma o método PPP estaria adequado ao georreferenciamento de imóveis rurais.

4. CONCLUSÕES

O método posicionamento por ponto preciso através do serviço PPP-online do IBGE mostrou-se eficiente, além da maior praticidade e gratuidade no processamento de dados GNSS utilizados para georreferenciamento de imóveis rurais.

O método de posicionamento relativo mostrou maior eficiência na correção das coordenadas quando a estação RBMC está mais próxima da coordenada de referência coletada no campo.

A análise em escala temporal de processamento através do serviço PPP-online demonstrou que em 21 dias após a coleta e processamento dos dados é possível alcançar menores erros de posicionamento das coordenadas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. S.; POZ, W. R. D. Posicionamento por ponto preciso e posicionamento relativo com GNSS: Qual é o método mais acurado atualmente?. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, n. 1, p. 175-195, 2016.

CAMARGO, E. B.; ROSALEN, D. L. POSICIONAMENTO GNSS POR PONTO PRECISO PARA FINS DE GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS. **REGENT: Revista Eletrônica de Gestão, Engenharia e Tecnologia da Faculdade de Tecnologia de Piracicaba**, v. 3, n. 1, 2018.

COSTA, S. M. A.; FORTES, L. P. S. Nova Hierarquia da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro. **Seminário sobre Referencial Geocêntrico no Brasil - IBGE - Rio de Janeiro, RJ, 2000.** Disponível em: <<https://artigos.ibge.gov.br/artigos-home/geodesia/2004-2000/3109-nova-hierarquia-da-rede-planimetrica-do-sistema-geodesico-brasileiro>>. Acesso em: 19 de mar. de 2020.

GUO, J.; LI, X.; LI, Z.; HU, L.; YANG, G.; ZHAO, C.; GE, M. Multi-GNSS precise point positioning for precision agriculture. **Precision agriculture**, v. 19, n. 5, p. 895-911, 2018.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Manual Técnico de Posicionamento – Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 1. Ed. Brasília: INCRA. 34p, 2013.

KLEIN, I.; MATSUOKA, M. T.; SOUZA, S. F. Análise do serviço on-line de PPP (GDGPS-APPS) para Receptores de Dupla Frequência: um estudo envolvendo dados de estações da RBMC. **Gaea-Journal of Geoscience**, v. 6, n. 2, p. 90-98, 2010.

PERDIGÃO, T. D.; SANTOS, A. P. Avaliação da acurácia a partir de diferentes tempos de rastreamento utilizando a solução PPP on-line do IBGE. **Artigo apresentado no III**

Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife-PE, p. 001-007, 2010.

PERON, L. V.; CENI, V. V.; ELIAS, A. R.; GRANEMANN, D. R.; FELIPETTO, H. S. Análise comparativa entre o método de posicionamento relativo estático e o serviço PPP do IBGE – Aplicada ao Georreferenciamento de Imóveis Rurais. **Anais do IV SBG - Simpósio Brasileiro de Geomática e II Jornadas Lusófonas sobre Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica/CTIG**. p. 376-380, 2017.

PINTO, M. S.; CAMARGO, P. D. O.; MONICO, J. F. G. Influência da combinação de dados GPS e GLONASS no georreferenciamento de imóveis rurais. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 19, n. 1, 2013.

SILVA, D. C.; SILVA, C. V. Possibilidades de uso direto de altitude elipsoidal em obras de engenharia. **Pesquisas em Geociências**, v. 44, n. 2, p. 275-292, 2017.

CONSERVAÇÃO DE GERMOPLASMA NA FORMA DE SEMENTES: FONTE DE RESISTÊNCIA AOS ESTRESSES ABIÓTICOS FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

*Juliana Lopes Souza¹; Renata Silva-Mann², Valdinete Vieira Nunes¹,
Maria Fernanda Torres Oliveira⁴*

¹Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE, e-mail: juliana_lopes_souza@live.com.

²Departamento de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Sergipe – São Cristóvão/SE

RESUMO

Os estresses ambientais causados por condições abióticas rigorosas como a déficit hídrico, altas temperaturas e alta salinidade têm se intensificado diante do atual cenário de mudanças climáticas. Essas condições causam efeitos negativos no desenvolvimento dos vegetais e, conseqüentemente, na formação das sementes. Estas são os principais propágulos vegetais sendo importante o entendimento das estratégias de conservação destes recursos naturais. A conservação de sementes *ex situ* e *in situ* garantem a agricultura e silvicultura, bases para prover a segurança alimentar, e requer considerar as influências dos fatores ambientais na manutenção da viabilidade e vigor destes propágulos. Assim, as sementes podem ser caracterizadas e avaliadas quanto as respostas morfofisiológicas e bioquímicas, que conferem adaptabilidade e tolerância às plantas, sendo estas características cada vez mais importantes perante condições ambientais divergentes. Neste capítulo, serão abordados os principais efeitos dos estresses hídrico, térmico e salino em plantas e suas respostas a essas condições de estresses abióticos, conferindo tolerância e adaptabilidade as sementes, bem como são apresentadas informações científicas destas para condições de armazenamento.

PALAVRAS-CHAVE: Tolerância, Aquecimento global, Propagação vegetal.

. INTRODUÇÃO

O crescimento da população humana e das suas necessidades de consumo, acarretou a exploração insustentável dos recursos naturais, somando-se a isto, têm-se as mudanças climáticas, a acidificação dos oceanos e outros impactos ambientais, resultando em desestruturação dos ecossistemas e extinção de espécies. Assim, um dos maiores desafios para este século é a conservação da biodiversidade, considerando o elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais (CHAPIN et al., 2000; MITTERMEIER et al., 2011).

Frente a este cenário, as estratégias para a manutenção da biodiversidade consistem na conservação *in situ*, manutenção das espécies no seu habitat natural e *ex situ*, que consiste na conservação das espécies fora do seu habitat, ou mesmo, pela combinação destes métodos (BRASIL, 2000).

A conservação *in situ* ocorre em áreas protegidas, e no Brasil estas são conhecidas como Unidades de Conservação (UC) e estão divididas em dois grupos, as unidades de proteção integral e as unidades de uso sustentável. Nas unidades de proteção integral (Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre) é permitido o uso indireto dos benefícios e vedada à exploração dos recursos naturais; e nas unidades de uso sustentável (Áreas de Proteção Ambiental, Área Relevante de Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural) é permitido o uso dos recursos naturais de forma sustentável (BRASIL, 2000).

A conservação *ex situ* é realizada, principalmente, em bancos de germoplasma, por meio do armazenamento de material de ancestrais, tais como sementes, material vegetativo *in vivo*, DNA, pólen e coleções a campo (BORÉM; MIRANDA, 2009). Essa estratégia tem papel importante em programas de conservação de espécies ameaçadas de extinção, além de ser uma boa plataforma para o desenvolvimento de pesquisa sobre os componentes da diversidade biológica.

Dentre as estratégias de conservação *ex situ*, o armazenamento de sementes é uma das mais importantes e seu sucesso depende da adoção de condições adequadas para a manutenção da viabilidade durante o período de armazenamento (UMARANI; AADHAVAN; FAISAL, 2015).

A conservação de germoplasma é um dos esforços para garantir a segurança alimentar futura, por meio da preservação e de trabalhos de caracterização da diversidade de espécies nativas ou exóticas, que podem ser a base para propagação na agricultura familiar, garantindo insumo para os próximos plantios, para novas culturas ou para novas obtensões vegetais em programas de melhoramento genético. Também é essencial para a silvicultura e horticultura e, cada vez mais, para a restauração de áreas degradadas e para manter os serviços ecossistêmicos na paisagem.

Para a manutenção e conservação de germoplasma é importante considerar os fatores ambientais, aos quais os recursos genéticos estão sujeitos e, representam um dos principais fatores limitantes para a manutenção de algumas espécies e para a produtividade no mundo inteiro. Esses fatores, quando limitam o desenvolvimento, são considerados estresses, que não só afetam as áreas cultivadas, mas também representam uma barreira significativa para a introdução de espécies cultiváveis em áreas que ainda

não são utilizadas para a agricultura (CHERRY, 1994) e podem comprometer a manutenção da vida de espécies nativas em seus ambientes naturais.

Em condições de campo, as culturas são submetidas rotineiramente a números fatores de estresse abióticos simultaneamente. As respostas dos vegetais a estes estresses se iniciam em transcritos (RNA), combinações de metabólitos e proteínas, e respostas fisiológicas que são exclusivas para combinações específicas de estresse, destacando a importância do estudo da combinação de estresse abiótico em plantas (ZANDALINAS et al., 2018). Essas respostas constituem ajustes em diferentes níveis organizacionais (moleculares, celulares, em tecidos, órgãos, sistemas, na anatomia e morfologia) nos vegetais para se ajustar aos estresses.

Um propágulo relativamente estável para o armazenamento de germoplasma, que em seu estado de quiescência pode ser armazenado, as sementes são material excelente para conservação *ex situ*, mais difundido e valioso para a conservação. O banco de sementes possui vantagens consideráveis em relação aos outros métodos de conservação *ex situ*, como facilidade de armazenamento, economia de espaço, demanda de trabalho relativamente baixa e, conseqüentemente, capacidade de manter grandes amostras a um custo economicamente viável.

Um banco de sementes as armazena para preservar a diversidade genética; portanto, é um tipo de banco de genes, que os melhoristas de plantas precisam para aumentar a produtividade, a resistência a doenças, a tolerância à seca, a qualidade nutricional, o sabor etc. Outra importante função destes bancos é impedir a perda de diversidade genética em espécies de plantas raras ou ameaçadas, em esforço para conservar a biodiversidade *ex situ*. Muitas plantas que foram usadas séculos atrás pelos seres humanos são usadas com menos frequência agora; os bancos de sementes oferecem uma maneira de preservar esse valor histórico, cultural e genético.

As sementes são propágulos vivos e mantê-las viáveis, no longo prazo, requer o ajuste adequado da umidade e da temperatura de armazenamento. À medida que amadurecem na planta mãe, muitas sementes atingem uma capacidade inata de sobreviver à secagem. A sobrevivência das chamadas sementes ortodoxas pode ser estendida por armazenamento seco a baixa temperatura. O nível de umidade e frio depende, principalmente da longevidade necessária e do investimento em infraestrutura acessível.

É difícil prever quando as sementes perdem a viabilidade e, portanto, em bancos de sementes o monitoramento do potencial de germinação durante o armazenamento é rotina. Quando a porcentagem de germinação das sementes diminui abaixo de uma quantidade prescrita, as sementes precisam ser replantadas e as sementes frescas coletadas para outra rodada de armazenamento em longo prazo (HONG; ELLIS, 1996).

2. CONSERVAÇÃO DE SEMENTES ORTODOXAS

O fortalecimento de políticas ambientais e a necessidade de se proteger os recursos florestais, lançam foco nas sementes, que se tornaram um meio de propagação de grande valia para programas de recuperação de áreas degradadas e conservação de ecossistemas. Sua qualidade fisiológica é determinante para que esses programas tenham o sucesso esperado, pois esta influência na quantidade final de emergência de plântulas. Visto isto, sabe-se que o armazenamento consiste em uma estratégia

fundamental de conservação *ex situ* capaz de preservar a qualidade, mantendo-as viáveis por maior período.

Ainda são escassos na literatura estudos sobre tecnologia de sementes para a grande maioria das espécies nativas, e trabalhos que sejam capazes de expressar sua viabilidade e vigor mediante a longevidade e qualidade fisiológica, de acordo com condições que favorecerão à conservação (SILVA et al., 2014).

Uma boa manutenção destes recursos, entre a época de colheita e a semeadura é essencial para se manter um alto padrão de qualidade fisiológica das sementes (NASCIMENTO et al., 2010). Logo, a conservação da viabilidade das sementes por meio do armazenamento assume o papel promotor desse benefício. A qualidade fisiológica das sementes varia entre espécies, uma vez que nem todas apresentam o mesmo desempenho fisiológico em relação à capacidade de dessecar, característica fundamental perante os requisitos para o sucesso do armazenamento (NERY et al., 2014). Estas, ainda, estão sujeitas a influência de fatores externos.

Dentre os fatores que apresentam maior influência na conservação de sementes estão a umidade relativa do ar e a temperatura. Assim, o controle rigoroso destas variáveis e uso de embalagens adequadas, que proporcionem o controle destes fatores, são capazes de manter as sementes viáveis e com vigor durante o armazenamento, preservando a sua longevidade (CAPILHEIRA et al., 2017). O teor de água em sementes é uma das características mais relevantes, pois este consiste em um dos fatores favoráveis à deterioração delas. A determinação de teores de água ideais para o armazenamento de sementes é essencial para o sucesso, pois sementes armazenadas com teores de água inadequados podem ter seu potencial germinativo reduzido (SAMANIOTTO, 2014; FARIA et al., 2014). Sabe-se que as sementes respondem de maneira diferente em relação a uma faixa ideal de perda de água, impondo uma grande variação da curva de dessecação entre as espécies, onde altos ou baixos níveis de água podem ocasionar a morte da semente (MARCOS-FILHO, 2015). O armazenamento com baixo teor de água para sementes ortodoxas promove a diminuição da respiração, do metabolismo e da ação de micro-organismos (RESENDE, 2011).

Em relação a temperatura, salienta-se que está interligada com a velocidade das reações químicas, e absorção de água pelas sementes. Logo, seu controle auxilia na melhor conservação das sementes durante o armazenamento (MARCOS-FILHO, 2015).

O armazenamento inadequado contribui, significativamente, para a perda de potencial germinativo, conforme pode ser comprovado em espécies como *Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sand. e *Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl. [hoje denominada de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos] (BORBA FILHO; PEREZ, 2009), *Psidium cattleianum* Sabine (SILVA et al., 2011) e *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (GUEDES et al., 2012), dentre outras espécies.

Em sementes de *Jatropha curcas* L. observou-se variações do teor de água nas sementes quando comparadas com os diferentes locais de armazenamento. O armazenamento em condições ambientais ocasionou maior absorção de água, atribuindo este acontecimento às características higroscópicas da semente e às variações de temperatura e umidade do ambiente. Esses fatores contribuíram para queda na qualidade fisiológica destas sementes (CHAVES et al., 2012).

Ambientes como câmaras frias, geladeiras e freezers proporcionam um melhor ambiente de conservação para as sementes de comportamento ortodoxo (SILVA et al.,

2011). Vale ressaltar que, para algumas espécies, o armazenamento ao longo do tempo e sob resfriamento age como um fator positivo na germinação, pois este auxilia como mecanismo de superação da dormência ou até mesmo permite que, sementes imaturas atinjam seu ponto de maturidade fisiológica, mesmo após dispersas pela planta mãe (CARVALHO et al., 2006).

O monitoramento da viabilidade de sementes durante o armazenamento, pela remoção de amostras para se realizar o teste de germinação, é aspecto essencial para o efetivo manejo de coleções de bancos de sementes. Para monitoramento da viabilidade de sementes, em bancos de germoplasmas, existe a recomendação de avaliar a sua viabilidade a cada 5 ou 10 anos, para média e longa conservação, respectivamente (FAO/IPGRI, 1994).

Contudo, por ser um dos principais insumos de produção na agricultura e agir como veículo de transferência de potencial genético das espécies, armazenar sementes consiste em um dos principais meios de propagação de essências florestais, dando assim, ênfase a importância de conservar esses recursos genéticos da melhor maneira.

3. CONSERVAÇÃO DE SEMENTES RECALCITRANTES

Sementes recalcitrantes, não toleram a dessecação até determinados teores de água sem que ocorram danos que comprometem sua viabilidade. Estas sementes não passam pelo processo de secagem na planta mãe e são dispersas para o ambiente com altos teores de água. Sua viabilidade reduz na medida em que ocorre a redução do teor de água, até atingir umidade crítica, a partir da qual se as sementes continuarem a perder água, a viabilidade é reduzida a zero (ROBERTS, 1973; HONG; ELLIS, 1996). A definição do teor de água mínimo ou seguro para as sementes recalcitrantes varia muito em função das diferentes espécies.

Visando ampliar as estratégias de conservação de espécies recalcitrantes, estudos vêm sendo desenvolvidos, possibilitando novas perspectivas como o armazenamento por curtos períodos empregando reguladores de crescimento vegetal, como o ácido abscísico (ABA) para sementes de *Inga uruguensis* Hook. & Arn. (BARBEDO; CICERO, 2000).

O armazenamento pode ser realizado também por meio da hidratação controlada com manutenção de sementes ou embriões recalcitrantes em soluções com potencial osmótico negativo, conforme verificado para *I. uruguensis* e *Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss. Muell-Arg) (ANDRÉO; NAKAGAWA; BARBEDO, 2006; CHARLOQ et al., 2016).

Ressalta-se que o desenvolvimento de metodologias alternativas visando conservar sementes recalcitrantes deve considerar as alterações físicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares, que ocorrem durante o armazenamento e ocasionam a perda da viabilidade (UMARANI; AADHAVAN; FAISAL, 2015). Portanto, é essencial entender o mecanismo de sensibilidade dessas sementes, especialmente o mecanismo molecular, que permanece desconhecido.

4. SEMENTES COMO FONTE DE GENES DE TOLERÂNCIA AOS ESTRESSES ABIÓTICOS

Reconhecendo o perigo devido ao risco permanente de perda da variabilidade genética de plantas e seus parentes selvagens em resposta às mudanças e condições ambientais e práticas culturais, coleções de genes *ex situ* foram criadas desde o início do século passado. Em todo o mundo, mais de seis milhões de acessos, dos quais mais de 90% são armazenados como sementes (NAGEL et al., 2009).

As sementes são um importante modelo de estudo devido a sua simples estrutura, basicamente um embrião, tecido de reserva e tegumento; no entanto, apresentam uma complexidade grande quanto aos mecanismos fisiológicos. Muitos destes mecanismos quando estudados em sementes e plantas, podem ser mais bem compreendidos pela facilidade de obtenção destas. Assim, estes propágulos são fontes de genes e podem ser úteis para o entendimento das respostas das plantas às condições de estresse abiótico.

Os mecanismos de tolerância aos estresses abióticos e mecanismos de sinalização e regulação (fatores de transcrição, fosfatases e quinases) são ativados sob condições de estresse (KRASENSKY; JONAK, 2012). Vários processos de sinalização envolvendo cálcio, espécies reativas de oxigênio (ERO) e quinases são induzidos para tradução de sinais (XIONG; ZHU, 2001). Em nível molecular, além da expressão de genes relacionados aos estresses, ocorre também a ativação de proteínas ligadas a atividade de transporte, detoxificação, proteases e chaperonas e produção de metabólitos osmoprotetores (WANG et al., 2004). Essas mudanças levam a respostas específicas aos estresses, resultando em adaptações e tolerância aos mesmos.

As plantas precisam otimizar o uso de recursos energéticos celulares para sobreviver sob estresse. Portanto, processos que consomem muita energia, como tradução para a produção de proteínas, reprodução e algumas vias biossintéticas (fotossíntese, síntese de aminoácidos) são reduzidas parcialmente; e os recursos realocados para os mecanismos de defesa (QU et al., 2011).

Um dos mecanismos em resposta ao estresse é a produção de solutos compatíveis que protegem as plantas de estresses abióticos ao proteger biomoléculas e membranas. Estes incluem metabólitos quimicamente diversos, como prolina, asparagina, poliaminas, glicina betaina, ácido γ -4-aminobutírico (GABA), rafinose, trealose, sacarose e polióis (sorbitol, mioinositol) (KRASENSKY; JONAK, 2012). O acúmulo de prolina é relatado em condições de estresses salino, hídrico, temperaturas extremas, metais pesados etc. (VERBRUGGEN; HERMANS, 2008). Além de osmoprotetora, a prolina também age como crioprotetora, eliminadora de ERO e molécula de sinalização. Os genes ligados ao metabolismo de prolina estão sujeitos à regulação da transcrição sob estresse (VERSLUES; SHARMA, 2010).

As poliaminas, moléculas nitrogenadas carregadas positivamente, como a espermidina, espermina e putrescina são encontradas em plantas superiores. Essas moléculas reduzem os níveis de peróxido de hidrogênio e a oxidação de lipídios por meio da atividade de peroxidases (ALCÁZAR et al., 2010; CUEVAS et al., 2009). Os níveis de putrescina, atividade de enzimas antioxidantes e conteúdo de carotenoides estão positivamente correlacionados (TUN et al., 2006). Entretanto, a abertura de estômatos e taxa de transpiração são negativamente correlacionados ao nível de

putrescina. A espermidina e espermina induzem a produção de óxido nítrico, importante molécula de sinalização de estresse abiótico (VERSLUES; JUENGER, 2011).

Os metabólitos secundários proporcionam vantagens contra estresses em diferentes espécies de plantas. Entre eles, os carotenoides e compostos fenólicos são essenciais contra radiação ultravioleta e excesso de luz. A fenilalanina amônia liase, enzima importante na biossíntese de compostos fenólicos, é mais ativa durante situações de estresse (LUGAN et al., 2009). Além disso, maiores concentrações de fenilalanina foram encontradas em genótipos tolerantes ao serem comparados com mais sensíveis.

As respostas ao estresse hídrico são fisiologicamente caracterizadas em escape, retardo e tolerância. Os mecanismos incluem a aceleração da floração e formação de sementes antes do ponto máximo de severidade do déficit hídrico. Para o retardo, as plantas limitam a transpiração e promovem a absorção de água para que os tecidos não percam o potencial hídrico ou desidratem.

A tolerância ao estresse hídrico é a capacidade do vegetal lidar com o potencial hídrico reduzido nos tecidos. Os mecanismos de tolerância ao estresse hídrico permitem que a planta mantenha suas funções, ou que pelo menos sobreviva, em um potencial hídrico reduzido. Um dos requisitos básicos para plantas sob déficit hídrico é o acúmulo de solutos no interior das células para prevenir contra perda de água e turgor, o ajuste osmótico (VERSLUES et al., 2006). Além do fechamento dos estômatos, o ABA também está relacionado à síntese de solutos compatíveis que protegem as plantas dos estresses, como prolina, glicose, malato e aminoácidos de cadeia ramificada (TUTEJA, 2007; VERSLUES; SHARMA, 2010).

Ao passar por estresses abióticos, incluindo o estresse hídrico, as plantas produzem vários tipos de ERO em compartimentos intracelulares, podendo levar a danos oxidativos ou a sinalização de estresse. ERO são formas reativas de oxigênio molecular, que incluem o radical hidroxila (HO^\cdot), superóxido (O_2^\cdot) e oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$), com destaque para o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). ERO são acumuladas nas células por mecanismos como o transporte de elétrons para o cloroplasto e mitocôndria ou por vias enzimáticas, como peroxidase da parede celular e oxidase de NADPH (conhecidos em plantas como oxidases homólogas da explosão respiratória RBOHs) em espaços extracelulares e peroxissomos (WRZACZEK; BROSCHE; KANGASJÄRVI, 2013). As RBOH em plantas estão envolvidas em várias rotas de sinalização, incluindo crescimento de pelos radiculares, fechamento de estômatos, interação pólen estigma e defesa e aclimação a diversos estresses abióticos (TORRES; DANGL, 2005).

Além dos mecanismos mencionados, modificações pós-tradução influenciam na tolerância ao estresse hídrico. A conjugação de proteína com ubiquitina ou SUMO (*small ubiquitin-related modifier*) são modificações comuns. A ubiquitina age na regulação de ABA e SUMO na estabilidade, localização e alterações em conformação e atividade de proteínas (ZHIGUO et al., 2015; YU; WU; XIE, 2016).

Além disso, a limitação em desenvolvimento das plantas pode ser uma estratégia de tolerância ao estresse hídrico. O desenvolvimento radicular em detrimento ao desenvolvimento da parte aérea, regulado, principalmente pela ação do ABA, é um exemplo (SAUTER; DAVIES; HARTUNG, 2001; THOLE et al., 2014). Pode-se, então, restabelecer o alongamento radicular em baixos potenciais hídricos através de mudanças metabólicas. A área total de folhas é reduzida em plantas sob estresse hídrico resultando em senescência e abscisão foliar (LIN; WANG; KAO, 1999). O ajuste na

área foliar é uma mudança importante em longo prazo para melhorar a adaptabilidade da planta ao ambiente com déficit hídrico. Plantas decíduas em períodos de seca, em regiões áridas ou desérticas, perdem todas as folhas para o surgimento de novas durante o período chuvoso, podendo ocorrer várias vezes dentro da mesma estação. A abscisão foliar durante o estresse hídrico é resultado da síntese e resposta ao hormônio endógeno etileno (NARAYANA; LALONDE; SAINI, 1991; SALAZAR; HERNANDEZ; PINO, 2015).

As plantas C4 são consideradas mais adaptadas a ambientes com déficit hídrico por manter a fotossíntese foliar mesmo com os estômatos fechados (EDWARDS; FRANCESCHI; VOZNESENSKAYA, 2004). A presença de mecanismos de concentração de CO₂ faz da fotossíntese de plantas C4 mais competitiva em condições que promovam a perda de carbono por fotorespiração, como em altas temperaturas, alta incidência de luz e déficit hídrico. A fotossíntese de plantas C4 é caracterizada pela presença de bomba metabólica de CO₂ que concentra CO₂ próximo a principal enzima de fixação de dióxido de carbono, a Rubisco (ribulose-1,5-bifosfato carboxilase oxigenase). Isso confere várias vantagens em termos de eficiência do uso de água, pois permite altas taxas de fotossíntese, mesmo com estômatos fechados, enquanto limita o fluxo na via fotorespiratória. A atividade estomática de plantas tipo CAM, com abertura dos estômatos apenas durante a noite, também permite uma menor perda de água (menor que em plantas C3 e C4) e tolerância a ambientes secos (LEE, 2010).

Para as plantas, o aumento em temperatura ocasiona redução na condutância estomática induzida por CO₂ e, portanto, há redução na transpiração e, conseqüente aumento de temperatura foliar (MORISON; LAWLOR, 1999). As raízes também estão susceptíveis a altas temperaturas, principalmente quando o dossel não é fechado e a luz solar incide diretamente no solo. Além disso, o estresse térmico é acompanhado de déficit hídrico e alta incidência de luz, fator agravado pelo aquecimento global, potencializando os efeitos do estresse térmico. Futuramente as plantas passarão por episódios de seca mais severos e frequentes, com temperaturas extremas (BITA; GERATS, 2013; DAI, 2013).

As espécies vegetais de clima quente evitam o estresse térmico por altas temperaturas reduzindo a absorção de radiação solar. Isso ocorre pela presença de pelos (folhas pilosas, com tricomas) que formam uma espessa camada na superfície foliar, além de cutículas. Nessas plantas, geralmente o limbo foliar está disposto de maneira paralela aos raios solares. A irradiação solar também pode ser reduzida com o enrolar das folhas. Plantas com folhas pequenas são mais propensas a evitar o estresse térmico, pois perdem calor para o ambiente, mais rapidamente, devido a uma menor resistência do ar (FITTER; HAY, 2002).

Em plantas hidratadas, com ótimo potencial hídrico, intensa transpiração evita o estresse térmico nas folhas, proporcionando temperatura muito menor do que a temperatura do ambiente (GATES, 1968; YANG et al., 1990).

As plantas que apresentam maior tolerância ao estresse térmico por altas temperaturas são espécies de junco e gramíneas, principalmente plantas C4 (SAGE; MONSON, 1999). A tolerância a esse estresse está associada a uma maior estabilidade térmica de enzimas e mais ácidos graxos nos lipídios das membranas, o que aumenta a temperatura de transição para fase líquida da camada lipídica e evita o aumento de liquidez da membrana (PIKE; BERRY, 1980). A expressão de proteínas relacionadas a

estresses é um importante mecanismo adaptativo para tolerância. A maioria das proteínas relacionadas ao estresse são solúveis em água e, portanto, contribuem para a tolerância provavelmente ao hidratar estruturas celulares. O estresse por altas temperaturas induz a síntese de outras proteínas, como ubiquitina, superóxido dismutase (Cu/Zn-SOD), peroxidase (Mn-POD) e ascorbato peroxidase (APX) citosólicos e de cloroplastos e outras enzimas antioxidantes (ALMESELMANI et al., 2006; STONE, 2014; TANG et al., 2006). A principal função dessas proteínas é proteger estruturas celulares e subcelulares contra o dano oxidativo e forças desidratantes.

A biossíntese de proteínas *heat-stress* (HSP) é induzida para evitar a desnaturação de macropartículas. Essas proteínas se mantêm estáveis por um período e são, provavelmente, o principal mecanismo de sobrevivência de plantas ao aumento de temperatura. As HSP são encontradas no citoplasma e em organelas como o núcleo, mitocôndria, cloroplastos e retículo endoplasmático. A tolerância conferida por HSP resulta no melhor funcionamento de fenômenos fisiológicos como a fotossíntese, eficiência de uso de água e nutrientes e estabilidade de membranas (WANG et al., 2004; AL-WHAIBI, 2011; KOTAK et al., 2007; WAHID et al., 2007).

As HSP juntamente com chaperonas podem estar relacionadas a sinalização de estresse, ativação de genes e regulação do estado redox celular (AL-WHAIBI, 2011; WAHID et al., 2007). Essas proteínas também interagem com outros mecanismos de resposta a estresses como a produção de osmólitos e antioxidantes. Em temperaturas excessivamente altas, HSP minimizam os danos às células ao protegê-las da desnaturação e criando ligações quelantes com íons vazando do vacúolo para o citosol (AL-WHAIBI, 2011; KOTAK et al., 2007).

A ação de hormônios vegetais também está associada a tolerância ao estresse térmico. Alguns estudos sugerem que a indução de várias proteínas HSP é regulada por ABA (SNYMAN; CRONJÉ, 2008). O aumento da liberação de etileno em altas temperaturas leva a abscisão de órgãos reprodutivos (WAHID et al., 2007). O ácido salicílico também é um importante componente da sinalização para resposta por resistência sistêmica adquirida e resposta hipersensível durante o estresse térmico (KAWANO et al., 1998; WANG; LI, 2006).

O estresse térmico de altas temperaturas induz a produção de compostos fenólicos como flavonoides e fenilpropanoides. O aumento na atividade de fenilalanina amônia liase (PAL) induzido por estresse é considerado a principal resposta celular ao estresse por calor (WAHID; GHAZANFAR, 2006; WAHID, 2007). Carotenoides da família das xantofilas e alguns terpenos, como isopreno e tocoferol, estabilizam e protegem a fase lipídica das membranas dos tilacoides durante a exposição à intensa luminosidade e/ou temperaturas elevadas.

Devido à próxima correlação entre estresse hídrico e térmico, pode ser difícil de distinguir os efeitos de cada estresse em plantas em campo e adaptações a ambientes áridos apenas são efetivas quando levam à tolerância a ambos os estresses (FITTER; HAY, 2002).

Altas concentrações de sal são prevalentemente encontradas em regiões áridas, semiáridas e costeiras. A deposição de sal, principalmente sódio (Na^+), ocorre por ação de vento e chuva, além da utilização inadequada de água salobra para irrigação.

A manutenção de um ambiente salino ótimo dentro da célula é um aspecto importante do crescimento e desenvolvimento da planta. Flutuações em salinidade

extracelular resultam em condições hiper iônicas e hiper osmóticas dentro das células, portanto, alterando a homeostase celular. Os principais íons responsáveis por essas flutuações incluem Na^+ , K^+ , Mg^{2+} e Cl^- . Para lidar com o aumento de concentrações de sais, as plantas ativam as vias SOS (*salt overly sensitive*). A ativação da via é precedida pela percepção de alterações nas concentrações iônicas por sensores da célula, o que resulta no aumento de entrada de Ca^{2+} no citosol, que age como um elicitador para ativação de SOS3 - uma proteína ligada a cálcio miristoilado (ISHITANI, 2000). A SOS3 ativada interage com uma SOS2 serina/treonina quinase e regula a expressão de SOS1, um gene codificante de Na^+/H^+ antiporte (presente na membrana plasmática), mantendo a homeostase de íons de sódio na célula (HALFTER; ISHITANI; ZHU, 2000).

A aclimação ao estresse salino em nível fisiológico é atingida pelo acúmulo de solutos compatíveis dentro da célula, evitando a perda de água e mantendo o turgor celular. O acúmulo desses osmólitos (açúcares - frutose e sacarose, açúcares álcoois, trealose, frutanos, glicinabetaina e prolina) não causam mudanças no funcionamento metabólico da célula e ajudam na manutenção do balanço osmótico (MCCUE; HANSON, 1990; LOUIS; GALINSKI, 1997).

Apesar das plantas apresenta vários mecanismos morfológicos e bioquímicos de tolerância a estresses ambientais, ainda são necessários estudos sobre a expressão gênica de diversas espécie sob estresse, principalmente organismos não-modelos. O conhecimento sobre os mecanismos de tolerância a estresses nas plantas irá auxiliar no entendimento da adaptabilidades de espécies ao diferentes biomas e futuras mudanças climáticas.

5. REFERÊNCIAS

- ANDRÉO, Y.; NAKAGUAW, J.; BARBEDO, C. J. Mobilização de água e conservação da viabilidade de embriões de sementes recalcitrantes de ingá (*Inga vera* Willd. Subsp. *affinis* (DC.) T.D. Pennington). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 2, p. 309-318, 2006.
- AL-WHAIBI, M. H. Plant heat-shock proteins: A mini review. **Journal of King Saud University - Science**, v. 23, n. 2, p. 139-150, 2011.
- ALCÁZAR, R.; PLANAS, J.; SAXENA, T.; ZARZA, X.; BORTOLOTTI, C.; CUEVAS, J.; BITRIAN, M.; TIBURICO, A.; ALTABELLA, T. Putrescine accumulation confers drought tolerance in transgenic Arabidopsis plants over-expressing the homologous Arginine decarboxylase 2 gene. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 7, p. 547-552, 2010.
- ALMESELMANI, M.; DESHMUKH, P. S.; SAIRAM, R. K.; KUSHWAHA, S. R.; SINGH, T. P. Protective role of antioxidant enzymes under high temperature stress. **Plant Science**, v. 171, n. 3, p. 382-388, 2006.
- BITA, C. E.; GERATS, T. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 7, p. 1-18, 2013.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: Ed. UFV. 2009. 529 p.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 18 de julho de 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 20 out. 2018.

BARBEDO, C. J.; CICERO, S. M. The effects of initial quality, low temperature and ABA on the imbibed storage of seeds of *Inga uruguensis*, a tropical species with recalcitrant seeds. **Seed Science and Technology**, v. 28, n. 3, p. 793-808, 2000.

BORBA FILHO, A. B.; PEREZ, S. C. J. G. DE A. Armazenamento de sementes de Ipê Branco e Ipê Roxo em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 259-269, 2009.

CHAPIN, F. S.; ZAVALA, E. S.; EVINER, V. T.; NAYLOR, R. L.; VITOUSEK, P. M.; REYNOLDS, H. L.; HOOPER, D. U.; LAVOREL, S.; SALA, O. E.; HOBBI, S. E.; MARCK, M. C.; DÍAZ, S. Consequences of changing biodiversity. **Nature**, v. 405, n 6783, p. 234-242. 2000.

CHARLOQ, Z. L.; SIREGAR, T. H.; DAMANIK, S. B.; YAZID, A.; HUSNI, M. Physiology Changes of Shelled Rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) Seed after 16 days 14 storage with PEG 6000 30% coating to induce secondary dormancy. **Journal of Agronomy**, v. 15, n. 1, p. 11-18, 2016.

CUEVAS, J. C.; LÓPEZ-COBOLLO, R.; ALCÁZAR, R.; ZARZA, X.; ALTABELLA, T.; JULIO, S.; TIBURICO, A. F.; FERRNADO, A. Putrescine as a signal to modulate the indispensable ABA increase under cold stress. **Plant Signaling and Behavior**, v. 4, n. 3, p. 219-220, 2009.

CAPILHEIRA, A. F.; CAVALCANTE, J. A.; SILVA, R. N. O.; VERGARA, R.; GADOTTI, G. I. Qualidade fisiológica de sementes de milho sob diferentes condições de armazenamento. **Anais**. In: XXXI Congresso Nacional de milho e sorgo. 6p. 2017.

CARVALHO, L. R.; SILVA, E. A. M.; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p.15-25, 2006.

CHAVES, T. H.; RESENDE, O.; SIQUEIRA, V. C.; ULLMANN, R. Qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) durante o armazenamento em três ambientes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1653-1662, 2012.

DAI, A. G. Increasing drought under global warming in observations and models. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 1, p. 52-58, 2013.

EDWARDS, G. E.; FRANCESCHI, V. R.; VOZNESENSKAYA, E. V. Single-cell C 4 photosynthesis versus the dual-cell (Kranz) paradigm. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, n. 1, p. 173-196, 2004.

FAO/IPGRI. **Genebank standards**. Rome, 1994. 13p.

- FARIA, R. Q. D.; TEIXEIRA, I. R.; CUNHA, D. A. D.; HONORATO, J. M.; DEVILLA, I. A. Physiological quality of crambe seeds submitted to drying. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 453-460, 2014.
- FITTER, A.; HAY, R. **Environmental Physiology of Plants**. 3. ed. [s.l.] : Academic Press, Inc, 2002. v. 1.
- GATES, D. M. Transpiration and leaf temperature. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 19, n. 1, p. 211-238, 1968.
- GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; GONÇALVES, E. P.; COSTA, E. G.; MEDEIROS, M. S. Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. Em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 1, p. 68-75, 2012.
- HALFTER, U.; ISHITANI, M.; ZHU, J. K. The Arabidopsis SOS2 protein kinase physically interacts with and is activated by the calcium-binding protein SOS3. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 97, n. 7, p. 3735-3740, 2000.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 55p. (Technical Bulletin, 1).
- ISHITANI, M. SOS3 Function in Plant Salt Tolerance Requires N-Myristoylation and Calcium Binding. **The Plant Cell Online**, v. 12, n. 9, p. 1667-1678, 2000.
- KAWANO, T.; SAHASHI, N.; TAKAHASHI, K.; UOZUMI, N.; MUTO, S. Salicylic acid induces extracellular superoxide generation followed by an increase in cytosolic calcium ion in tobacco suspension culture: the earliest events in salicylic acid signal transduction. **Plant Cell Physiology**, v. 39, n. 1, p. 721-730, 1998.
- KOTAK, S.; LARKINDALE, J.; LEE, U.; VON KOSKULL-DÖRING, P.; VIERLING, E.; SCHARF, K. D. Complexity of the heat stress response in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 10, n. 3, p. 310-316, 2007.
- KRASENSKY, J.; JONAK, C. Drought, salt, and temperature stress-induced metabolic rearrangements and regulatory networks. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 4, p. 1593-1608, 2012.
- LEE, J. S. Stomatal opening Mechanism of CAM plants. **Journal of Plant Biology**, v. 53, n. 1, p. 19-23, 2010.
- LIN, J. N.; WANG, J. W.; KAO, C. H. Effects of abscisic acid and water stress on senescence of detached rice leaves. **Biologia Plantarum**, v. 42, n. 2, p. 313-316, 1999.
- LOUIS, P.; GALINSKI, E. A. Characterization of genes for the biosynthesis of the compatible solute ectoine from *Marinococcus halophilus* and osmoregulated expression in *Escherichia coli*. **Microbiology**, v. 143, n. 4, p. 1141-1149, 1997.
- LUGAN, R.; NIOGRET, M. F.; KERVAZO, L.; LARHER, F. R.; KOPKA, J.; BOUCHEREAU, A. Metabolome and water status phenotyping of Arabidopsis under abiotic stress cues reveals new insight into ESK1 function. **Plant, Cell and Environment**, v. 32, n. 2, p. 95-108, 2009.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 660p. 2015.

- MITTERMEIER, R. A.; TURNER, W. R.; LARSEN, F. W.; BROOKS, T. M.; GASCON, C. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. *In*: ZACHOS, F. E.; HABEL, J. C. **Biodiversity hotspots**, Heidelberg: Springer, 2011, p. 3-22.
- MCCUE, K. F.; HANSON, A. D. Drought and salt tolerance: towards understanding and application. **Trends in Biotechnology**, v. 8, n. C, p. 358-362, 1990.
- MORISON, J. I. L.; LAWLOR, D. W. Interactions between increasing CO₂ concentration and temperature on plant growth. **Plant, Cell and Environment**, v. 22, n. 6, p. 659-682, 1999.
- NARAYANA, I.; LALONDE, S.; SAINI, H. S. Water-Stress-Induced Ethylene Production in Wheat. **Plant physiology**, v. 96, n. 2, p. 406-410, 1991.
- NAGEL, M.; VOGEL, H.; LANDJEVA, S.; BUCK-SORLIN, G.; LOHWASSER, U.; SCHOLZ, U.; BÖRNER, A. Seed conservation in ex situ genebanks-genetic studies on longevity in barley. **Euphytica**, v. 170, n. 1-2, p. 5-14, 2009.
- NASCIMENTO, W. M. O.; CICERO, S. M.; NOVEMBRE, A. D. D. L. C. Conservação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 24-33, 2010.
- NERY, M. C.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. D.; SOARES, G. C. M.; NERY, F. C. Classificação fisiológica de sementes florestais quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. **Cerne**, v. 20, n. 3, p. 477-483, 2014.
- PIKE, C. S.; BERRY, J. A. Membrane phospholipid phase separations in plants adapted to or acclimated to different thermal regimes. **Plant physiology**, v. 66, n. 2, p. 238-41, 1980.
- QU, C.; LIU, C.; ZE, Y.; GONG, X.; HONG, M.; WANG, L.; HONG, F. Inhibition of nitrogen and photosynthetic carbon assimilation of maize seedlings by exposure to a combination of salt stress and potassium-deficient stress. **Biological Trace Element Research**, v. 144, n. 1-3, p. 1159-1174, 2011.
- RESENDE, O.; ULLMANN, R.; SIQUEIRA, V. C.; CHAVES, T. H.; FERREIRA, L. U. Modelagem matemática e difusividade efetiva das sementes de pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) durante a secagem Mathematical modeling and effective diffusion of jatropha (*Jatropha curcas* L.) seeds during drying. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 6, p. 1123-1135, 2011.
- ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v. 1, n. 3, p. 499-514, 1973.
- SAGE, R. F.; MONSON, R. K. **C4 biology**. 1. ed.: Academic Press, Inc, 1999.
- SALAZAR, C.; HERNANDEZ, C.; PINO, M. T. Plant water stress: Associations between ethylene and abscisic acid response. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 75, n.1, p. 71-79, 2015.
- SAUTER, A; DAVIES, W. J.; HARTUNG, W. The long-distance abscisic acid signal in the droughted plant: the fate of the hormone on its way from root to shoot. **Journal of experimental botany**, v. 52, n. 363, p. 1991-1997, 2001.

- SMANIOTTO, T. D. S.; RESENDE, O.; MARCAL, K. A.; OLIVEIRA, D. D.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014.
- SILVA, A. da; PEREZ, S. C. J. G. de A.; PAULA, R. C. de. Qualidade fisiológica de sementes de *Psidium cattleianum* sabine acondicionadas e armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 2, p. 197-206, 2011.
- SILVA, J. R. O.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; SILVA, I. C. O. Armazenamento de Sementes de *Parkia pendula* (Willd.) Benth. ex Walp. (FABACEAE) em Diferentes Embalagens e Ambientes. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 457-467, 2014.
- SNYMAN, M.; CRONJÉ, M. J. Modulation of heat shock factors accompanies salicylic acid-mediated potentiation of Hsp70 in tomato seedlings. **Journal of Experimental Botany**, v. 59, n. 8, p. 2125-2132, 2008.
- STONE, S. L. The role of ubiquitin and the 26S proteasome in plant abiotic stress signaling. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 1-10, 2014.
- TANG, L.; KWON, S. Y.; KIM, S. H.; KIM, J. S.; CHOI, J. S.; KWAK, S. S.; LEE, H. S. Enhanced tolerance of transgenic potato plants expressing both superoxide dismutase and ascorbate peroxidase in chloroplasts against oxidative stress and high temperature. **Plant Cell Reports**, v. 25, p. 1380-1386, 2006.
- THOLE, J. M.; BEISNER, E. R.; LIU, J.; VENKOVA, S. V.; STRADER, L. C.; THOLE, J. M. Abscisic Acid Regulates Root Elongation Through the Activities of Auxin and Ethylene in *Arabidopsis thaliana*. **Genes|Genomes|Genetics**, v. 4, n. 7, p. 1259-1274, 2014.
- TORRES, M. A.; DANGL, J. L. Functions of the respiratory burst oxidase in biotic interactions, abiotic stress and development. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 8, n. 4, p. 397-403, 2005.
- TUN, N. N.; SANTA-CATARINA, C.; BEGUM, T.; SILVEIRA, V.; HANDRO, W.; FLOH, E. I. S.; SCHERER, G. F. Polyamines induce rapid biosynthesis of nitric oxide (NO) in *Arabidopsis thaliana* seedlings. **Plant and Cell Physiology**, v. 47, n. 3, p. 346-354, 2006.
- TUTEJA, N. Abscisic Acid and Abiotic Stress Signaling. **Plant Signaling & Behavior**, v. 2, n. 3, p. 135-138, 2007.
- UMARANI, R.; AADHAVAN, E. K.; FAISAL, M. M. Understanding poor storage potential of recalcitrant seeds. **Current Science**, v. 108, n. 11, p. 2023-2034, 2015.
- VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: A review. **Amino Acids**, v. 35, n. 4, p. 753-759, 2008.
- VERSLUES, P. E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J.; ZHU, J. K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **Plant Journal**, v. 45, n. 4, p. 523-539, 2006.
- VERSLUES, P. E.; JUENGER, T. E. Drought, metabolites, and *Arabidopsis* natural variation: A promising combination for understanding adaptation to water-limited

- environments. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 14, n. 3, p. 240-245, 2011.
- VERSLUES, P. E.; SHARMA, S. Proline Metabolism and Its Implications for Plant-Environment Interaction. **The Arabidopsis Book**, v. 8, p. e0140, 2010.
- WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: An overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, n. 3, p. 199-223, 2007.
- WAHID, A. Physiological implications of metabolite biosynthesis for net assimilation and heat-stress tolerance of sugarcane (*Saccharum officinarum*) sprouts. **Journal of Plant Research**, v. 120, n. 2, p. 219-228, 2007.
- WAHID, A.; GHAZANFAR, A. Possible involvement of some secondary metabolites in salt tolerance of sugarcane. **Journal of Plant Physiology**, v. 163, n. 7, p. 723-730, 2006.
- WANG, L.; LI, S. Thermotolerance and Related Antioxidant Enzyme Activities Induced by Heat Acclimation and Salicylic Acid in Grape (*Vitis vinifera* L.) Leaves. **Plant Growth Regulation**, v. 48, n. 2, p. 137-144, 2006.
- WANG, W.; VINOCUR, B.; SHOSEYOV, O.; ALTMAN, A. Role of plant heat-shock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response. **Trends in Plant Science**, v. 9, n. 5, p. 244-252, 2004.
- WRZACZEK, M.; BROSCHE, M.; KANGASJÄRVI, J. ROS signaling loops - production, perception, regulation. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 16, n. 5, p. 575-582, 2013.
- XIONG, L.; ZHU, J. K. Abiotic stress signal transduction in plants: Molecular and genetic perspectives. **Physiologia Plantarum**, v. 112, n. 2, p. 152-166, 2001.
- XU, S.; LI, J.; ZHANG, X.; WEI, H.; CUI, L. Effects of heat acclimation pretreatment on changes of membrane lipid peroxidation, antioxidant metabolites, and ultrastructure of chloroplasts in two cool-season turfgrass species under heat stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 56, n. 3, p. 274-285, 2006.
- YANG, X.; SHORT, T. H.; FOX, R. D.; BAUERLE, W. L. Transpiration, leaf temperature and stomatal resistance of a greenhouse cucumber crop. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 51, n. 3-4, p. 197-209, 1990.
- YU, F.; WU, Y.; XIE, Q. Ubiquitin-Proteasome System in ABA Signaling: From Perception to Action. **Molecular Plant**, v. 9, n. 1, p. 21-33, 2016.
- ZANDALINAS, S. I.; MITTLER, R.; BALFAGÓN, D.; ARBONA, V.; GÓMEZ-CADENAS, A. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. **Physiologia plantarum**, v. 162, n.1, p. 2-12, 2018.
- ZHIGUO, E.; ZHANG, Y.; LI, T.; WANG, L.; ZHAO, H. Characterization of the Ubiquitin- conjugating Enzyme Gene Family in Rice and Evaluation of Expression Profiles under Abiotic Stresses and Hormone Treatments. **Plos One**, v. 10, n. 4, p. 1-24, 2015.

CULTIVO DO MELOEIRO SOB APLICAÇÃO EXÓGENA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E NÍVEIS DE SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Francisco Hevilásio Freire Pereira¹, Luandson José da Silva e Silva², Francisco de Assis da Silva³, Mirandy dos Santos Dias³, Larissa Felix Macêdo², Rafael Pereira da Silva¹

¹Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CCTA, Pombal, PB, e-mail: fhfp@hotmail.com

²Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife, PE

³Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CTRN, Campina Grande, PB

RESUMO

O melão tem grande importância econômica no mundo, sendo umas das hortaliças mais exportadas no Brasil. As práticas agrícolas têm como objetivo propor o melhor desempenho fotossintético para as culturas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar os aspectos de crescimento, fisiológicos e a produção do meloeiro sob aplicação exógena do peróxido de hidrogênio e diferentes condutividades da água de irrigação. Foram testados dois níveis de condutividade elétrica da água CEa (0,3 e 5,0 dS m⁻¹) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 5, 10, 15 µmol L⁻¹), aplicados via irrigação. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, no arranjo fatorial 2 x 4. Combinados, os fatores resultaram em 8 tratamentos com quatro repetições e duas plantas por parcela, totalizando 32 unidades experimentais. Nos primeiros 15 dias, as plantas foram irrigadas com água normal CEa (0,3 dS m⁻¹), após esse período, as plantas foram submetidas a irrigação com água salina com aplicação de (NaCl). Observou-se que as plantas irrigadas com água normal, obtiveram as maiores taxas fisiológicas, como fotossíntese, transpiração, condutância estomática e concentração intercelular, comparadas com as plantas submetidas com água salina. A aplicação do H₂O₂ reduziu os efeitos da salinidade sobre a cultura, resultando em menores perdas de água por transpiração e melhores desempenhos fisiológicos, onde a dose ideal foi 15,0 mmol L⁻¹ e para a produção foi 6,35 e 10,89 µmol L⁻¹ de H₂O₂ resultando em 345,76 e 791,39 g por planta.

PALAVRAS-CHAVE: *Cucumis melo* L., Semiárido, Estresse salino

1. INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.), é uma espécie de origem da Península Ibérica, pertencente à família das Cucurbitáceas.

O melão é uma olerícola de grande importância econômica, sendo umas das hortaliças mais exportadas no Brasil e o carro-chefe entre as culturas no Nordeste (SANTOS-SANCHÊS et al., 2017). Nessa região, existe uma demanda de informações que visam na redução de custos, aumento da produtividade até atingir a qualidade do fruto com mínimo dos padrões exigidos no mercado internacional, no qual é um desafio na fruticultura brasileira (SILVA et al., 2017).

De acordo com Pereira et al. (2017), as condições edafoclimáticas vem causando preocupações, devido às intempéries do clima, causando perdas na quantidade e qualidade no melão. É importante ter conhecimento sobre os fatores adversos dos sais e do manejo na irrigação, com uma boa interpretação e análise dos limites de tolerância das plantas aos sais, por essa razão, dependendo das condições edafoclimáticas, é de fundamental importância na escolha da cultura mais adequada para região que será explorado com água salina distribuída pelo sistema de irrigação, afim de minimizar os efeitos dos sais sobre a planta, na área de plantio e garantia na produção comercial.

Segundo Roupheal et al. (2012), relatam que a cultura do melão é tolerante quando a concentração de sais na solução é baixa para Na^+ e alta para K^+ , sendo considerado um importante mecanismo iônico para que a planta tenha uma tolerância aos sais prejudiciais. Estudos indicam que a sensibilidade e a tolerância de espécies vegetais aos fatores abióticos da salinidade na água, pode variar de espécie para cultivar, além dos fatores climáticos da localidade de produção, característica do solo, o tipo de irrigação a ser utilizado no plantio, fenologia da planta, entre outras (MEDEIROS et al., 2014).

No semiárido, o acúmulo de sais na superfície terrestre e no subsolo, tem provocado o mau funcionamento na atividade das raízes, devido ao desequilíbrio iônico no solo e resultando na diminuição no potencial osmótico. A razão disso é pelo fato que alguma região a evapotranspiração é maior do que a precipitação, ocasionando uma alta concentração de sais na superfície ou no subsolo (AL-KARAKI et al., 2009). Nessa região, como a precipitação é mal distribuída durante o ano, a irrigação torna-se a única maneira para garantir a produção (LACERDA et al., 2016), além de causar alterações na morfologia, modificações estruturais e no processo metabólico da planta (LIMA et al., 2016). Como relatam Neto et al. (2014), a salinidade, afeta diretamente os vasos condutores e absorção de nutrientes, resultando no impedimento na assimilação de nutrientes.

Para minimizar o efeito da salinização sobre espécies vegetais, existe uma alternativa que é aclimatizar em condições de estresse a planta para aumentar sua capacidade de sobrevivência em condições adversas (SOUZA et al., 2019).

Um produto natural que a planta tem no seu metabolismo é o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), a molécula reativa a enzima catalase e peroxidase, desempenhando importante papel nos processos fisiológicos da planta, contribuindo a sua resistência ao estresse (WOJTYLA et al 2016).

Neste contexto, os aspectos de crescimento, fisiológicos e a produção do meloeiro sob aplicação exógena do peróxido de hidrogênio e diferentes condutividades da água de irrigação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (casa de vegetação) no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal, PB, com as coordenadas geográficas 6° 48' 16" S, 37° 49' 15" O e altitude de 144 m (BELTRÃO et al., 2005). Segundo a classificação de Köppen, adaptada ao Brasil, o clima da região é classificado como BSh, semiárido quente, temperatura média anual de 28 °C e pluviosidade anual de 750 mm (COELHO & SONCIN, 1982).

O solo utilizado para o experimento é classificado como Neossolo flúvico, textura argilosa (areia grossa = 29; areia fina = 15; silte = 17 e argila = 39 dag kg⁻¹), os resultados da análise química foram: pH em H₂O (1:2,5) = 5,8; P = 58,5 e K = 76,0 mg dm⁻³; Na = 0,12 mg dm⁻³; Ca = 4,0 cmolc dm⁻³; Mg = 0,8 cmolc dm⁻³; Al = 0,0 cmolc dm⁻³; H + Al = 6,63 cmolc dm⁻³; SB = 4,99 cmolc dm⁻³; CTC (t) = 4,99 e CTC (T) = 8,62 cmolc dm⁻³.

Durante o experimento foram registradas as condições climáticas do ambiente protegido com o equipamento termihigrometro digital modelo HT-208 (ICEL-Manaus): temperaturas do ar com a máxima 39,21 °C e mínima 31,82 °C; umidade relativa do ar máxima 45,30% e mínima 16,15%.

Foram testados dois níveis de condutividade elétrica da água CEa (0,3 e 5,0 dS m⁻¹) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 5, 10, 15 µmol L⁻¹), aplicados via irrigação. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados, no arranjo fatorial 2 x 4. Combinados, os fatores resultaram em 8 tratamentos com quatro repetições e duas plantas por parcela, totalizando 32 unidades experimentais. Os níveis de salinidade foram obtidos utilizando-se água de abastecimento (0,3 dS m⁻¹) e o segundo nível com solução de cloreto de sódio (NaCl).

O melão utilizado foi o híbrido Gold Mine, tipo Amarelo do grupo inodorus. A semeadura foi realizada em recipientes (vasos) com capacidade de 8 L preenchido com solo peneirado, sendo semeadas cinco sementes por vaso a uma profundidade de 0,5 cm. Após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste, quando as plantas apresentaram de duas a três folhas verdadeiras, deixando as duas plantas mais vigorosas por vaso. Durante os 15 primeiros dias após a semeadura os vasos foram irrigados apenas com água de abastecimento (0,3 dS m⁻¹). Após esse período foram aplicados juntamente com a água de irrigação os macros e micronutrientes, bem como, o NaCl nos tratamentos salinos.

Com 16 dias após a germinação, iniciou-se a aplicação do H₂O₂ com volumes que variou de 5 a 50 mL por planta. A quantidade de água aplicada foi realizada manualmente duas vezes por dia. Ao decorrer do experimento, a cultura foi mantida livre de plantas daninhas, eliminando-se manualmente as que por ventura apareciam. Bem como, foram realizados tratamentos fitossanitários preconizados para cultura, monitorando o surgimento de pragas e doenças, adotando as medidas de controle quando necessário.

As variáveis de crescimento, foram mensuradas aos 62 DAS por meio da área foliar e número de folhas. A área foliar foi obtida pela equação matemática proposta por Nascimento et al. (2002), utilizando-se a equação $AF=0,826L1,89$ ($R^2=0,97$), na qual utilizou-se a medida linear da largura de cada folha, e a área total de cada planta

resultando do somatório da área de cada folha. Para a massa seca total, as plantas foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel (caule, folha e raiz) devidamente identificados e postos para secar em estufa de circulação forçada de ar, 65 °C até obtenção de massa constante e a variável de produção.

Aos 50 dias após a semeadura (DAS foram determinadas a fotossíntese (A), a condutância estomática (g_s), a transpiração (E) e a concentração intercelular de CO_2 (C_i), determinado pelas folhas inteiramente expandidas, utilizando o analisador de gás no infravermelho (IRGA) LCpro⁺ (Analytical Development, Kings Lynn, UK) com fonte de luz constante de 1.200 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F em nível de 1 a 5% de probabilidade e quando significativos foi aplicado a análise de regressão para as concentrações de peróxido de hidrogênio e teste de média para os níveis de salinidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre a salinidade da água de irrigação e as concentrações de peróxidos de hidrogênio sobre a área foliar da planta (AFP), massa seca da parte aérea (MSPA), produção (PROD), fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (g_s) e concentração interna de CO_2 (C_i). Para o fator isolado salinidade houve efeito significativo para todas as variáveis em estudo.

Observar-se por meio da equação de regressão (Figura 1A) aumento na área foliar da planta com incremento das concentrações de peróxido de hidrogênio, quando as plantas foram submetidas a irrigação com água cuja condutividade era de 0,3 dS m^{-1} . Para as plantas irrigadas com água de condutividade de 5,0 dS m^{-1} obteve-se uma equação quadrática, onde a maior área foliar encontrada foi de 4694,01 cm^2 por plantas na concentração de 10,23 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 (Figura 1B).

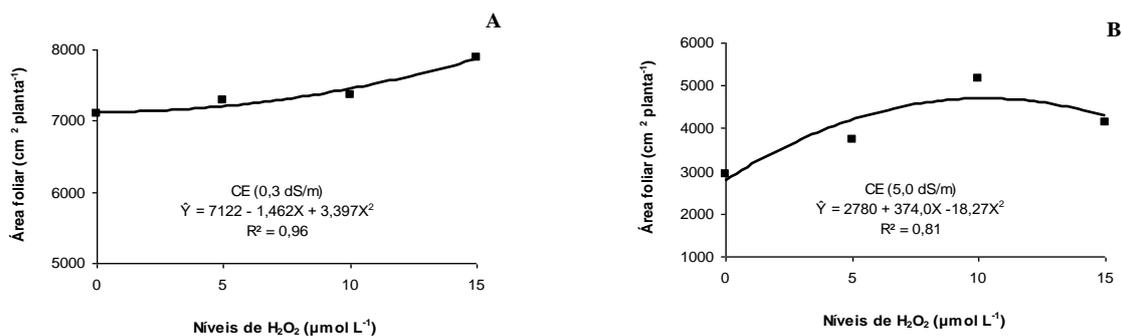


Figura 1. Área foliar em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e H_2O_2 .

A área foliar da planta é uma variável de grande importância para se avaliar a eficiência da fotossíntese em relação a produção da cultura (ALLEN et al., 1998).

A equação de regressão para massa seca da parte aérea se comportou de forma quadrática, apresentando acúmulo de massa de 78,62 e 46,34 g por planta nas concentrações de 9,11 e 8,35 $\mu\text{mol L}^{-1}$ de H_2O_2 nas plantas cultivadas sob condutividade da água de irrigação de 0,3 e 5,0 dS m^{-1} , respectivamente (Figura 2C e D). De acordo com Freire et al. (2010), a causa do estresse é em razão da pressão de turgescência

devido a diminuição do conteúdo de água, declinando na expansão da parede celular, menor crescimento e baixo rendimento na produção de matéria seca.

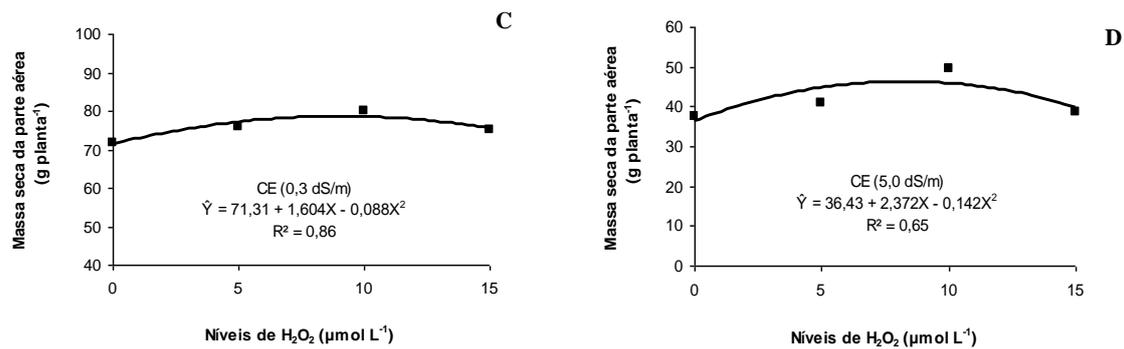


Figura 2. Massa seca total em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e H₂O₂.

A maior produção do meloeiro foi de 791,39 g por planta na concentração de 10,89 μmol L⁻¹ de H₂O₂ quando as plantas foram cultivadas com água cuja condutividade elétrica era de 0,3 dS m⁻¹. Já para as plantas que foram irrigadas com água de 5,0 dS m⁻¹, observa-se que o peróxido de hidrogênio atenuou o efeito do sal até a concentração de 6,35 μmol L⁻¹ de H₂O₂, produzindo 345,76 g por planta, sendo que a partir desta concentração, houve um decréscimo na produção (Figura 3E e F).

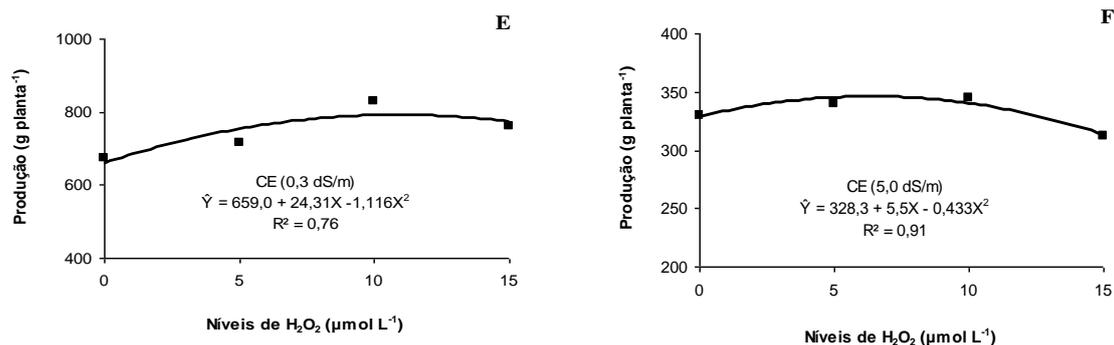


Figura 3. Produção de frutos em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e H₂O₂.

O peróxido de hidrogênio tem como funcionalidade de ser uma molécula sinalizadora sob as plantas quando expostas em condições de estresse biótico e abiótico (PETROV & BREUSEGEM, 2012), e quando o H₂O₂ é aplicado em concentrações menores na planta, resulta na indução de enzimas antioxidativas, que é um sistema de defesa, causando o menor impacto da salinidade (CARVALHO et al., 2011). Além de contribuir na redução da concentração de Na⁺ e Cl⁻, induzindo as plantas a tolerância, promovendo o acúmulo de carboidratos e proteínas solúveis, e NO₃⁻ (GONDIM et al., 2013).

Com relação ao número de folhas por planta, verificou-se que não foi afetado de maneira significativa entre os níveis de H₂O₂. Os valores médios foram de 39,79 e 63,38 folhas por planta quando irrigado com água normal (CE = 0,3 dS m⁻¹) e salina (CE = 5,0 dS m⁻¹), respectivamente.

Quando a planta é submetida ao estresse salino, o fechamento estomático é considerado uma das respostas fisiológicas mais rápidas, em virtude da redução registrada no potencial hídrico do solo (MUNNS & TESTER, 2008). Nesse estudo, os

maiores valores de Área foliar por planta (AFP), número de folhas por planta (NFO), massa seca total (MST) e produção de frutos por plantas foram obtidos quando as plantas foram irrigadas com água normal em relação à exposição da água salina (Tabela 1).

Tabela 1. Área foliar (AFP), número de folhas (NFO), massa seca total (MST) e produção de frutos por planta de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. UFCG, Pombal, 2009.

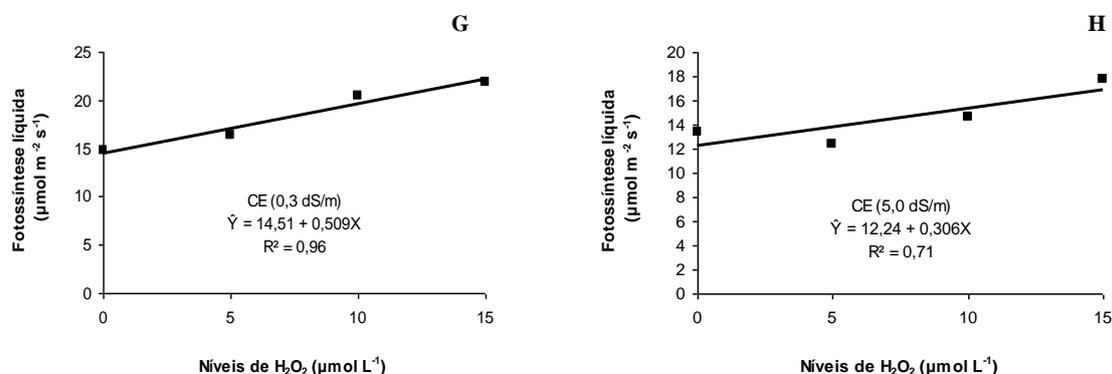
Salinidade (dS m ⁻¹)	AFP	NFO	MST (g)	Produção (g)
0,3	7408,73 a	63,38 a	75,59 a	743,75 a
5,0	3986,11 b	39,79 b	41,72 b	331,67 b
CV (%)	20,68	28,03	14,38	13,57

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

Os resultados obtidos neste trabalho, apresentam uma semelhança com os resultados encontrados por Dias et al. (2015) ao trabalharem com o manejo da salinidade aplicando diferentes concentrações de soluções nutritivas no cultivo do melão rendilhado. Estes autores afirmam que as plantas cresceram de forma acelerada de acordo com a condutividade da solução nutritiva.

Em relação aos parâmetros complementares como a fotossíntese, transpiração, condutância estomática e a concentração interna de CO₂, são elementos que servem para diagnosticar alterações fisiológicas nas plantas quando estão expostas a condições salinas (FURTADO et al., 2012). Devido a essas condições adversas, a salinidade vem causando reduções na fotossíntese, transpiração, condutância estomática ou acréscimo na concentração intercelular de CO₂, porém vai depender do nível sais presentes no ambiente de desenvolvimento da planta (CAMPOS et al., 2008).

Nesse estudo, observando os níveis da salinidade dentro da concentração do H₂O₂, verifica-se aumento na taxa fotossintética do meloeiro com a aplicação do H₂O₂, quando o melão foi irrigado com água de abastecimento (0,3 dS m⁻¹). Esse aumento foi de 34,48% e 27,40% entre a menor (0,0 μmol L⁻¹) e a maior (15,0 μmol L⁻¹) concentração de H₂O₂ quando se utilizou água de irrigação normal (CE = 0,3 dS m⁻¹) e salina (CE = 5,0 dS m⁻¹), respectivamente (Figura 5G e H). Lacerda et al. (2012) ao trabalharem com a aplicação exógena de prolina, observaram que até a concentração de 11,95 mmol L⁻¹ por planta, mostrou-se eficiente na redução dos efeitos deletérios da salinidade sobre o meloeiro.



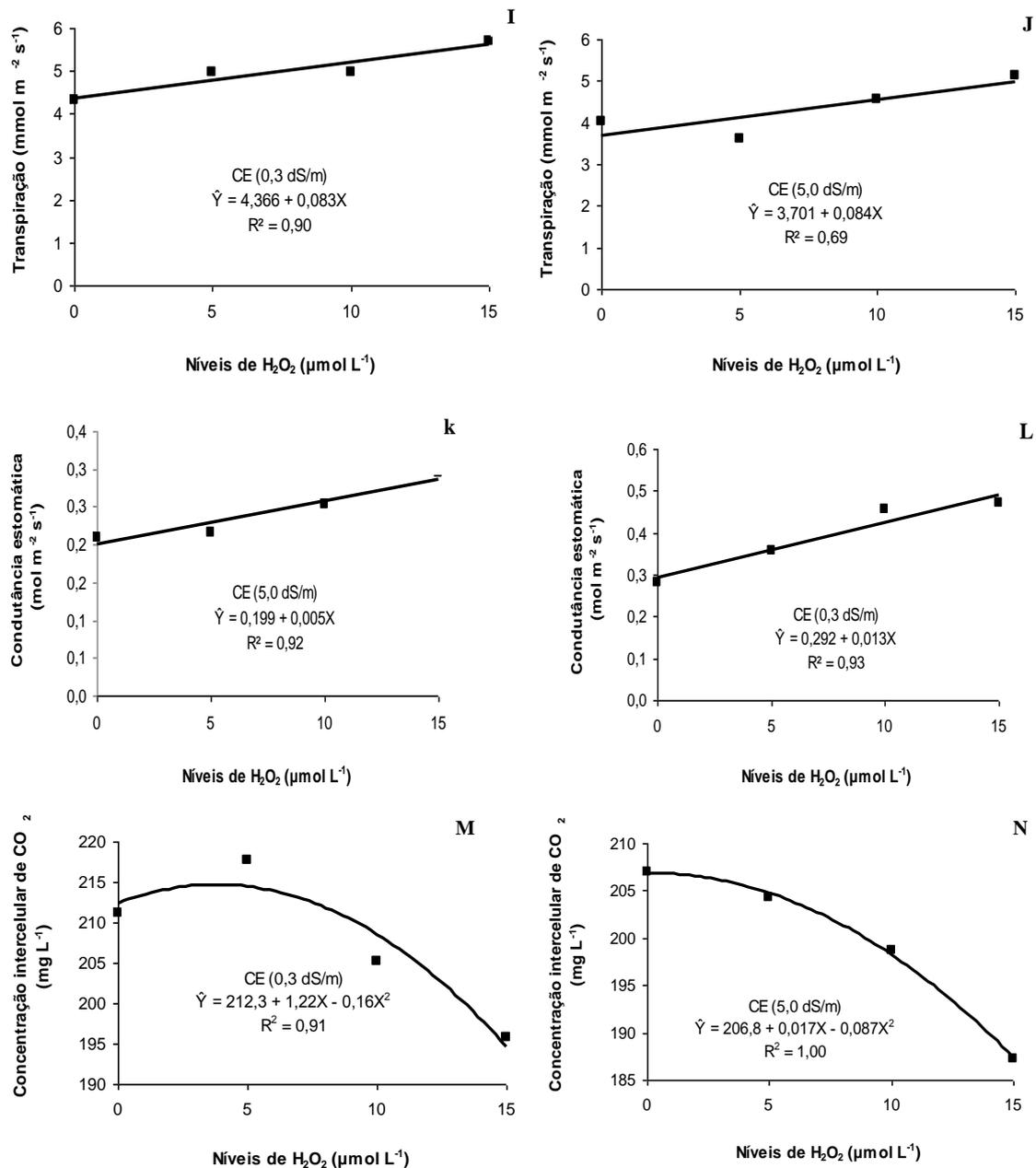


Figura 4. Fotossíntese (G e H), transpiração (I e J), condutância estomática (L e M) e concentração interna de CO_2 (M e N) em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e H_2O_2 . UFCG, Pombal, 2009.

As trocas gasosas se comportaram semelhante, demonstrando que são parâmetros interligados. Houve um aumento na condutância estomática à medida que aumentou a concentração de peróxido de hidrogênio, tal fato, refletiu em um aumento na taxa de transpiração da planta e conseqüentemente na taxa fotossintética. Isso pode ser explicado pelo comportamento da concentração interna de carbono que teve comportamento inverso, a medida que aumentou a concentração de peróxido de hidrogênio, diminuiu a concentração interna de carbono, ou seja, não houve saturação de carbono no interior da célula estomática.

Esse comportamento seguiu a tendência comum aos trabalhos que avaliam trocas gasosas. Fernandes et al. (2010) ressalva que a transpiração segue a mesma tendência da

fotossíntese, que é semelhante da relação do CO₂ a perdas de água da planta para o ambiente.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios das variáveis fotossíntese (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*) e concentração intercelular de CO₂ (*C_i*).

A maior taxa de fotossíntese (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*) e concentração intercelular de CO₂ (*C_i*) por planta, foram obtidas em plantas irrigadas com água normal em relação à salina (Tabela 2).

Tabela 2. Fotossíntese (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*) e concentração intercelular de CO₂ (*C_i*) em plantas de melão submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. UFCG, Pombal, 2009.

Salinidade (dS m ⁻¹)	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>g_s</i>	<i>C_i</i>
0,3	18,33 a	5,00 a	0,39 a	207,50 a
5,0	14,55 b	4,33 b	0,24 b	199,31 b
CV (%)	16,95	6,49	22,83	4,79

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

Quando estudado o fator isolado salinidade, observa que houve uma diminuição considerável nos parâmetros de trocas gasosas, quando comparado o menor e o maior nível de condutividade da água de irrigação (Tabela 2). Isso ocorreu em virtude de que o aumento da salinidade fez com que as plantas procurassem se ajustar osmoticamente, e a primeira ação realizada é o fechamento estomático visando evitar a perda de água por transpiração e conseqüentemente isso refletiu na taxa de assimilação de CO₂.

Em trabalhos realizados com diversas culturas de interesse agrônômico, vários pesquisadores vêm estudando essa temática a exemplo de Silva et al. (2019), que ao estudarem a cultura do maracujazeiro sob estresse salino, observaram que o aumento da condutividade da água de irrigação, afetou significativamente a condutância estomática, com redução de 20,6% por unidade de incremento. Quando comparado o nível mais elevado de salinidade (2,8 dS m⁻¹) com o menor nível (0,7 dS m⁻¹), resultou na redução da condutância estomática em 50%. Quando a planta é submetida a condições salinas, há o fechamento dos estômatos par reduzir a perda de água nas plantas (LIMA, et al., 2014).

4. CONCLUSÕES

O melhor desempenho do meloeiro foi obtido na dose de 10,0 μmol L⁻¹ de H₂O₂.

A utilização de peróxido de hidrogênio sob a cultura do melão reduz o efeito da salinidade sobre a condutância estomática, resultando em menores perdas de água por transpiração na planta.

Os maiores valores de fotossíntese, transpiração, condutância estomática e concentração intercelular de CO₂ foram observados em plantas de melão irrigadas com água normal (0,3 dS m⁻¹) em relação a salina (5,0 dS m⁻¹)

5. REFERÊNCIAS

- AL-KARAKI, G.; AL-AJMI, A.; OTHMAN, Y. Response of Soilless Grown Bell Pepper Cultivars to Salinity. **Acta Horticulturae**, v.807, n.2, p.227-232, 2009.
- BELTRÃO, B. A.; SOUZA JÚNIOR, L. C.; MORAIS, F.; MENDES, V. A.; MIRANDA, J. L. F. **Diagnóstico do município de Pombal. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Recife: Ministério de Minas e Energia/CPRM/PRODEM. 2005. 23p
- BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; MELO, A. S. DE; SOARES FILHO, W. DOS S.; SANTOS, R. T. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v.27, p.17-27, 2014.
- CAMPOS, M. S.; PEREIRA, F. H. F.; MEDEIROS, G. A. C.; CARMO, G. A.; DOMBROSKI, J. L. D.; Souza, P. A. Alterações fisiológicas em plantas de melancia submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 20., 2008. Anais... PDF.
- CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; NETO, M. C. L.; SILVEIRA, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.416-423, 2011.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.06, p. 1039-1042, 2011.
- FREIRE, A. L. DE O.; SARAIVA, V. P.; MIRANDA, J. R. P de. BRUNO, G. B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.1, p.1133-1144, 2010.
- FURTADO, G.F.; PEREIRA, F.H.F.; ANDRADE, E.M.G.; FILHO, R.R.P.; SILVA, S.S. Efeito do Nitrato de Cálcio na Redução do Estresse Salino em Melancia. **GVAA**, v.7, n.3. 2012.
- GONDIM, F A. **Pré-tratamento foliar com H₂O₂ como estratégia para minimizar os efeitos deletérios da salinidade em plantas de milho**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2012, 147p. Tese Doutorado.
- LACERDA, C. F. DE; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. A.; NEVES A. L. R.; SOUSA, G. G. DE; GHEYI, H. R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F.; Gomes Filho, E. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap.21, p.337-352.
- LIMA, G. S. DE; SANTOS, J. B. DOS; SOARES, L. A. DOS A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; PEREIRA, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão 'All Big'. **Comunicata Scientiae**, v.7, p.513-522, 2016.
- LIMA, G. S.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Physiology, growth and yield of castor bean under salt stress and nitrogen doses in phenophases. **Idesia**, v.32, n.3, p.91-99, 2014.

- MEDEIROS, J. F. DE; TERCEIRO NETO, C. P. C.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; SOUZA, M. S. DE M.; SOUZA, R. O. de. Management strategies of saline water on morphometric characteristics of melon cultivars. **Engenharia Agrícola**, v.34, p.649-659, 2014.
- NASCIMENTO, I. B.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, M. C. C.; MEDEIROS, J. F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; NEGREIROS, M. Z. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.4, p.555-558, 2002.
- PEREIRA, F.A.I.; MEDEIROS, J.F; HANS, R.G.; DIAS, N.S.; PRESTON, W. VASCONCELOS, C.B.L. Tolerância de cultivares de melão à salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.21, n.12, p.846-851, 2017.
- PETROV, V. D.; BREUSEGEM, F. V. Hydrogen peroxide: A central hub for information flow in plant cell. **AoB Plants**, v. 2012, p.1-13, 2012.
- ROUPHAEL, Y., CARDARELLI, M., REA, E., COLLA, G., 2012. Improving melon and cucumber photosynthetic activity, mineral composition, and growth performance under salinity stress by grafting onto Cucurbita hybrid rootstocks. **Photosynthetica** 50, 180–188.
- SANTOS-SANCHÊS, R. C. V.; SOUZA, M. M.; MELO, C. A. F.; NUNES, G. H. S.; CORRÊA, R. X. Caracterização citogenética clássica e molecular em acessos *Cucumis melo* L. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v.38, n.1. v.1, p. 111, 2017.
- SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; SOUZA, L. P. VELOSO, L. L. S. A. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. **Pesq. Agropec. Trop**, v.49, e55671, 2019.
- SILVA, K. M. P.; COSME, C. R.; DIAS, N. S.; QUEIROZ, I. S. R.; DINIZ, A. A.; JUNIOR, J. A. S. Produção e qualidade de frutos do meloeiro cultivado em sistema semi-hidropônico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.11, n.6, p.1914 - 1923, 2017.
- SILVA, E. M.; LACERDA, F. H. D.; MEDEIROS, A. S.; SOUSA, L. P.; PEREIRA, F. H. F. Métodos de Aplicação de Diferentes Concentrações de H₂O₂ em Milho Sob Estresse Salino. **GVAA**, v.11, n.3, p.1-7. 2016.
- SOUZA, L. P.; NOBRE, R. G.; FATIMA, R. T.; PIMENTA, T. A.; DINIZ, G. L.; BARBOSA, J. L. Uma das alternativas que pode minimizar o efeito do estresse salino nas plantas é o processo de aclimação a determinadas condições de estresse e constitui numa alternativa para aumentar a capacidade de sobrevivência das plantas a condições adversas. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.13, n.3, p.3477-3486, 2019.
- TERCEIRO NETO, C. P. C.; MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, F. R. A. Crescimento e Composição Mineral do Tecido Vegetal do Melão ‘Pele De Sapo’ Sob Manejos de Água Salina. **Irriga**, v.19, n.2, p.255-266, 2014.

DEMANDA HÍDRICA E CRESCIMENTO VEGETAL EM RELAÇÃO AOS GRAUS-DIA ACUMULADO: ESTUDO PARA O MELOEIRO IRRIGADO

Laysa Gabriella de Souza Laurentino¹; Valéria Peixoto Borges²; Robson de Sousa Nascimento²; Alícia Nayana dos Santos Lima de Brito¹

¹Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande-PB, e-mail: laysagabryella@live.com

²Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Areia-PB

RESUMO

O Nordeste brasileiro é responsável pela produção de 95% do melão no Brasil, uma das fruteiras mais exportadas pelo país. As condições edafoclimáticas da região favorecem a produção de frutos com alta qualidade, mas o cultivo só é viável com irrigações, em um ambiente de alta evapotranspiração potencial. O objetivo deste trabalho é avaliar o desenvolvimento e uso da água do meloeiro cultivado no semiárido Nordestino a partir dos graus-dia acumulados (GDA). Foram realizados dois experimentos, em épocas diferentes durante a safra 2009/2010, no município de Mossoró, RN, Brasil, onde foram obtidos dados de evapotranspiração pelo método do Balanço de Energia pela Razão de Bowen. Os GDA foram calculados para o meloeiro ‘Sancho’ e estabelecidas relações com o acúmulo de matéria seca, índice de área foliar e coeficiente de cultivo (Kc), em cada fase fenológica e no ciclo de toda cultura. As relações entre os graus-dia e o índice de área foliar e massa seca apresentaram alto coeficiente de determinação. Os modelos linear e quadrático utilizados para determinar Kc em função do GDA apresentaram alta correlação e R² e superestimativa total de até 16%. Entretanto, os modelos subestimaram a evapotranspiração na fase de desenvolvimento dos frutos. Por fim, o modelo quadrático foi o mais indicado para estimar o Kc do meloeiro, nas condições de cultivo deste trabalho

PALAVRAS-CHAVE: *Cucumis melo* (L.), Evapotranspiração, Unidades térmicas.

1. INTRODUÇÃO

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma planta olerícola muito apreciada e de grande popularidade, cultivado em várias regiões do mundo. O Nordeste é a principal região produtora, responsável por cerca de 95% de toda a produção nacional, produzindo 555.411 toneladas, com valor estimado em 545,7 milhões de reais (IBGE, 2018). Os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte são os principais produtores com cultivo concentrado na Chapada do Apodi, que fica na divisa entre esses estados.

As condições de solo e clima do Nordeste, aliadas às técnicas de irrigação, permitiram a expansão da cultura do melão para essa região. Apesar disso, o seu cultivo nas áreas semiáridas do mundo apresenta risco, principalmente devido à escassez de recursos hídricos, relacionada à baixa intensidade pluviométrica, irregularidade das chuvas e elevada evaporação. Portanto, as irrigações devem ser devidamente planejadas tanto para o uso adequado da água, quanto pela diminuição dos gastos da produção, visto que em muitas propriedades a água é bombeada a partir de poços profundos.

Para um manejo apropriado da irrigação e uso racional da água, é necessário conhecer o coeficiente de cultura (K_c). A determinação de K_c requer a aplicação de algum método para estimar ou medir a ET_0 e o conhecimento sobre a evapotranspiração da cultura (ET_c) (MIRANDA et al., 2016). De acordo com Allen et al., (2006), a evapotranspiração da cultura é denominada ET_c e refere-se à perda de água para a atmosfera de um cultivo em condições nutricionais, hídricas e fitossanitárias ideais.

Todo vegetal necessita de uma quantidade constante de energia térmica para completar seu ciclo de desenvolvimento. Essa quantidade de energia é normalmente expressa em graus-dia (GD). Sua aplicabilidade é indicada quando a temperatura é o grande fator determinante da taxa de desenvolvimento, não existindo limitações de outros fatores ambientais para esse processo. Para tanto, as temperaturas médias diárias são usadas para a determinação das unidades térmicas, em cada fase fenológica ou no ciclo da cultura.

O uso dos graus-dia para determinar as taxas de crescimento possibilita estimativas mais precisas quando comparadas com a utilização de escalas temporais após semeadura ou emergência (FERNEDA et al., 2016). O cômputo dos Graus-dia pode ser aplicado no planejamento da produção de acordo com a estação do ano, na estimativa dos custos de produção, avaliação de riscos climáticos e, inclusive, nos estudos de melhoramento genético das cultivares (ANGEL et al., 2017). Além desses aspectos, a disponibilidade térmica dada pelos graus-dia já foi relacionada a índices nutricionais (COBLENTZ et al., 2018a). Com isso, os graus-dia configuram-se uma importante ferramenta para planejamento da produção. O coeficiente de cultivo baseado em graus dia é interessante ao manejo da irrigação e simples de ser determinado. Entretanto, a portabilidade dos modelos precisa ser investigada e este método pode variar de região para região, de manejo e variabilidade climática (MARTEL et al., 2018).

Diante do apresentado, esse trabalho buscou avaliar a demanda hídrica e o crescimento do meloeiro no Semiárido Brasileiro a partir dos graus-dia acumulados, estabelecendo relações entre acúmulo de matéria seca, índice de área foliar e coeficientes de cultivo com a disponibilidade de energia térmica da atmosfera.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para determinar as relações entre crescimento e uso da água pelo meloeiro com os Graus-dia, foram aplicados dados de experimento de campo conduzido em área produtora de melão, localizada no município de Mossoró (4°59'52" S; 37°23'09" W; 54 m), estado do Rio Grande do Norte, Brasil. A classificação climática local segundo Köppen é BSwH (clima muito seco e quente, com precipitações no verão e outono), com

médias anuais de temperatura e umidade relativa de 27,2 °C e 69%, respectivamente. A precipitação anual média é de 766 mm (BORGES et al., 2015).

Foram conduzidos dois experimentos em épocas diferentes, sendo o experimento 1 (Exp. 1) realizado entre agosto e outubro de 2009 e o experimento 2 (Exp. 2) entre novembro de 2009 e janeiro de 2010, ambos com a variedade ‘Sancho’, em parcelas de 5,74 ha cada. As plantas foram cultivadas sobre leiras de 0,6 m de largura, cobertas por filme de polietileno cinza claro. O espaçamento foi de 2 m entre linhas de plantio e 0,5 m entre plantas. O solo das parcelas foi classificado como arenoso, por apresentar mais de 80% de areia nas profundidades de 0,0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m. O cultivo era irrigado por gotejamento, com emissores com vazão de 1,2 L h⁻¹. Cada linha de plantio possuía uma linha de irrigação, com emissores espaçados em 0,5 m, configurando um gotejador por planta. O total da irrigação no Exp. 1 foi 325,20 mm e de 339,6 mm no Exp. 2 (BORGES et al., 2015).

A divisão do ciclo vegetativo do meloeiro foi feita em quatro estádios, conforme apresentado na Tabela 1, com as datas dos eventos que marcaram as mudanças dos estádios fisiológicos da cultura, bem como a duração de cada um. A emergência das plantas ocorreu sete dias após a sementeira, momento no qual foi instalado um túnel de polipropileno branco (agrotêxtil) sobre as leiras, mantido sobre a cultura até o início da floração. O desenvolvimento da cultura foi monitorado por análise de crescimento, com coletas semanais de plantas, a partir dos 15 dias após sementeira – DAS, onde em cada coleta realizada foram retiradas três plantas. Determinou-se o índice de área foliar por meio de um Integrador de Área Foliar Licor modelo 3100.

Tabela 1: Duração dos estádios de desenvolvimento do meloeiro cultivado na Fazenda Fruta Vida (Mossoró - RN), no período de agosto de 2009 a janeiro/2010. Fonte: Borges et al. (2015).

Estádios	Eventos	Exp. 1 (2009)		Exp. 2 (2009/2010)	
		Datas	Duração (dias)	Datas	Duração (dias)
Inicial	Plantio	12/08/2009	22	03/11/2009	21
	10% cobertura do solo	04/09/2009		25/11/2009	
Desenvolvimento	80% cobertura do solo	23/09/2009	19	13/12/2009	18
	/ começo da frutificação				
Médio	Maturação dos frutos	11/10/2009	18	04/01/2010	22
Final	Colheita	19/10/2009	09	11/01/2010	08
Total de dias			68	69	

Para determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c) do meloeiro utilizou-se o método do Balanço de Energia pela Razão de Bowen - BERB. Os coeficientes de cultivo foram obtidos para cada dia do ciclo da cultura pela relação ET_c/ET_o, em que ET_o é a evapotranspiração de referência, determinada segundo a metodologia FAO (ALLEN et al., 2006). Dados de uma estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), próxima à área de estudo (5°4'54" S, 37°22'7" W, 36 m de altitude) foram utilizados no cômputo da ET_o. Mais detalhes são apresentados em Borges et al. (2015).

A caracterização das exigências térmicas durante o ciclo da cultura foi realizada utilizando o método dos graus-dia (GD), a partir do estudo entre temperaturas máximas e mínimas locais e a temperatura basal inferior para o meloeiro, que corresponde ao valor de 12° C, estabelecido por Baker e Reddy (2001). Os dados de temperatura oriundos da estação do INMET foram aplicados na obtenção dos graus-dia (Equação 1).

$$GDA = \sum_i^n \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \right]$$

Em que: Tmax: temperatura (°C) máxima diária do ar; Tmin: temperatura (°C) mínima diária do ar e Tb: temperatura basal da cultura do meloeiro (12°C).

A evolução do índice de área foliar e o acúmulo de matéria seca foram avaliados segundo os graus-dia acumulados (GDA), estabelecendo-se equações de regressão entre essas variáveis. Foram determinados modelos de estimativa do Kc a partir da regressão simples entre GDA e Kc medido em campo. Utilizou-se 2/3 dos dados (92 pontos) para gerar os modelos, os quais foram validados com o 1/3 de dados restantes (47 pontos). As médias das estimativas foram submetidas ao teste T de Student a 5% de significância e os modelos foram avaliados segundo os indicadores: coeficiente de determinação (R²), coeficiente de correlação de Pearson (r), índice de desempenho de Willmott (d), Razão Média (RM) e índice de concordância de Camargo (c) (BORGES et al., 2010; CAMARGO et. al, 1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das temperaturas máximas e mínimas registradas foram 32,9°C e 22,3°C, respectivamente. A máxima temperatura, 35,4°C foi registrada dia 20 de dezembro de 2009, já em 18 de agosto de 2009 registrou-se a mínima durante todo período de estudo: 18,10°C. As temperaturas oscilaram pouco durante o período experimental: coeficiente de variação de 3,2% e 6,8% para as temperaturas máximas e mínimas, respectivamente. A amplitude térmica diária média foi 10,6°C.

Na Tabela 2 encontram-se os valores dos acumulados das unidades térmicas ou graus-dia, para os dois experimentos. O experimento 2 apresentou soma térmica mais elevada quando comparada as somas do experimento 1. Isso deve-se ao experimento 2 ter se realizado em uma época com temperaturas mais elevadas. Os valores médios de cada estádios fenológicos podem ser utilizados no manejo da cultura. Em média, a cultura requer 1078°C-dia para atingir o ponto de colheita.

Tabela 2: Soma térmica acumulada em cada fase fenológica do meloeiro. Exp.1: Experimento 1 e Exp. 2: Experimento 2. Mossoró, RN, Brasil.

Estádio	Exp. 1	Exp. 2	Média
Inicial	335,83	362,91	349,37
Desenvolvimento	283,85	294,40	289,13
Médio	272,25	368,43	320,34
Final	122,25	115,85	119,10
Total	1014,18	1141,59	1077,88

A análise dos Graus-dias obtidos neste trabalho é semelhante aos resultados encontrados por Steinmetz et al., (2017) para o cultivo do arroz irrigado, onde apresentou-se maior exigência térmica na fase de maturidade completa dos grãos da panícula. Em estudo proposto por Franco (2017), a melancia atingiu maturidade em apenas 65 dias após a semeadura, quando a soma térmica foi de 1.391 GD.

A variação do Índice de Área Foliar (IAF), em função aos dias após o plantio (DAP), está apresentada na Figura 1A, onde registou-se um rápido estabelecimento da área foliar, que está relacionada à produtividade, pois influencia diretamente na absorção da radiação solar. Verifica-se um período de crescimento inicial até 45 dias, com valores máximos de IAF ocorrendo em torno dos 50 DAP e um período de decréscimo a partir dos 60 dias.

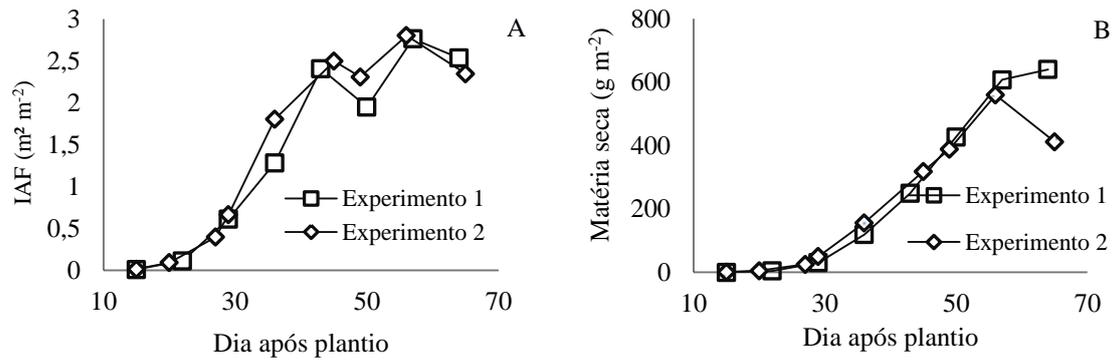


Figura 1. Evolução do Índice de Área Foliar – IAF (A) e do acúmulo de matéria seca (B) das plantas de meloeiro. Mossoró, RN, Brasil.

Em ambos os experimentos, o IAF apresentou desenvolvimento semelhante, sendo os valores máximos de IAF foram observados na fase de lançamento dos frutos (2,80 m² m⁻²) quando a cultura estava com 56 DAP. O acúmulo da matéria seca é apresentado da Figura 1B. No experimento 2, houve decréscimo no acúmulo de matéria seca no final do ciclo, que se deveu ao menor crescimento foliar. As plantas do Experimento 1 atingiram a maturidade dos frutos antes.

Observou-se elevada concordância entre as variáveis IAF e MS com GD, utilizando-se um modelo polinomial de segundo grau (Figura 2A). O coeficiente de determinação (R²) para a regressão IAF x GD em ambos os experimentos foram de 0,9168 e 0,9193, respectivamente, o que indica que o modelo escolhido foi capaz de explicar os dados coletados. Como observado, as plantas necessitaram de cerca de 912,69 °C-dia acumulados (56 DAP, Exp.1) e 833,33 °C-dia (57 DAP, Exp.2) para atingir os valores máximos de IAF, que foram semelhantes em ambos os experimentos, aproximadamente 2,8 m² m⁻². A área foliar está intimamente ligada com a temperatura do ar, representada pelo acúmulo de GD, que relaciona-se com alguns fenômenos como fotossíntese, respiração, consumo de água e transpiração, assim como foi observado em estudos envolvendo a fisiologia dos frutos e rendimento de legumes (VALLE et al., 2018).

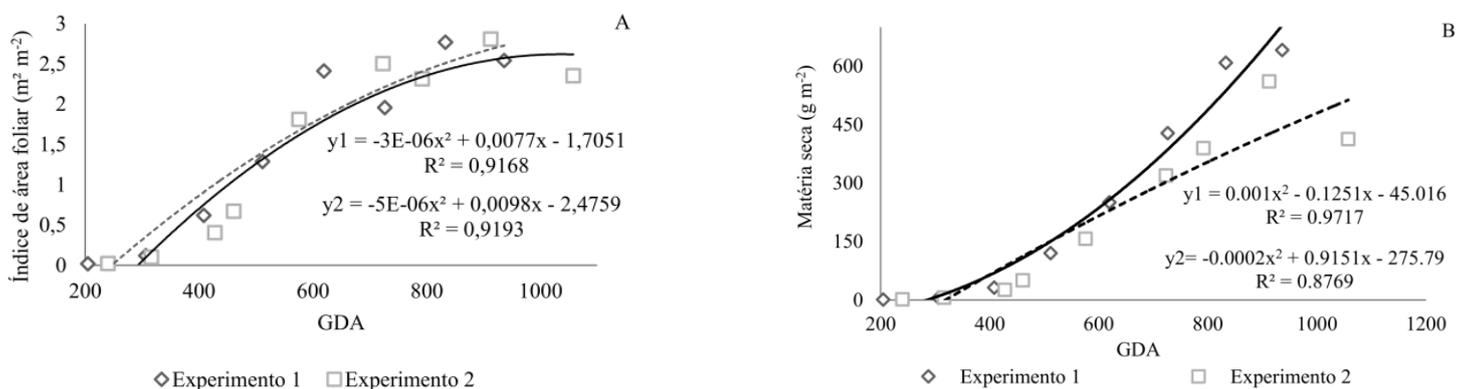


Figura 2. A: Variação do Índice de Área Foliar (A) e da matéria seca (B) em função dos Graus-dia acumulados (GDA); y1: regressão para o Experimento 1, y2: regressão para o Experimento 2. Mossoró, RN, Brasil.

O acúmulo da matéria seca ao longo do ciclo seguiu o aumento do GDA (Figura 2B). Os dois experimentos apresentaram comportamentos diferentes nas últimas coletas. Isso deve-se as temperaturas do experimento 2 serem mais elevadas, evidenciando que a disponibilidade térmica tem influência direta sobre o desenvolvimento fenológico das plantas. O modelo quadrático aplica-se bem para determinar o acúmulo de matéria seca pela cultura, tendo os GDA como variável independente. Coblenz et al. (2018a) encontrou com a função quadrática alto com coeficiente de determinação, apresentando apenas um desalinhamento na fase de colheita.

Os graus-dia podem ser utilizados para definir o crescimento da cultura tanto para o índice de área foliar quanto para a matéria seca, considerando que os tratos culturais estejam em dia e a adubação e irrigação sendo bem manejadas. Dessa forma, sem haver déficit hídrico ou nutricional e sem ataque severo de pragas, são as variáveis climáticas que mais irão exercer influência na previsão de crescimento das plantas. D’Andrimont et al. (2020) encontraram correlação de 0,54 e 0,84 entre GDA calculado para a fase de florescimento e o florescimento observado em duas regiões agrícolas, concluindo que o GDA pode ser aplicado em modelagens para produção das culturas.

Análises de regressão foram aplicadas para gerar funções de coeficientes de cultivo - Kc a partir dos Graus-dia acumulados, determinando-se três modelos - linear, quadrático e cúbico - com 2/3 dos dados. Com o 1/3 dos dados restantes foi realizada a validação, aplicando-se o teste T de Student nas médias das estimativas, em comparação aos dados medidos em campo. Houve diferença estatística apenas para o modelo cúbico, conforme verificado na Tabela 3. De acordo com o teste de médias, o modelo cúbico apresentou teste significativo mostrando diferença entre as médias, portanto não é adequado para estimar o Kc pelo GDA. Assim sendo, realizou-se a análise dos índices de desempenho para os modelos com os modelos linear e quadrático, apresentados na Figura 3. Coblenz et al. (2018 a e 2018b), em estudos em campo e in vitro com triticale também aplicaram esses modelos nas regressões com GDA. Observa-se crescimento do Kc em consonância com o acúmulo dos graus-dia do GDA, com valores máximos relacionados ao intervalo de 600 a 700°C-dia. Conforme análise do IAF, essa é a fase de alta cobertura foliar e enchimento dos frutos, onde é registrada a máxima demanda hídrica dessa cultura (BORGES et al., 2015).

Tabela 3: Teste T de Student para os modelos Kc-Graus dia avaliados. Mossoró, RN, Brasil.

	Kc medido	Kc modelo linear	Kc modelo quadrático	Kc modelo cúbico
Média	0,65	0,62	0,64	0,91
Variância	0,07	0,03	0,02	0,16
P(T<=t) bi-caudal		0,41 ^{ns}	0,88 ^{ns}	6,02 x 10 ^{-8*}

* significativo a 5%; ns – não significativo

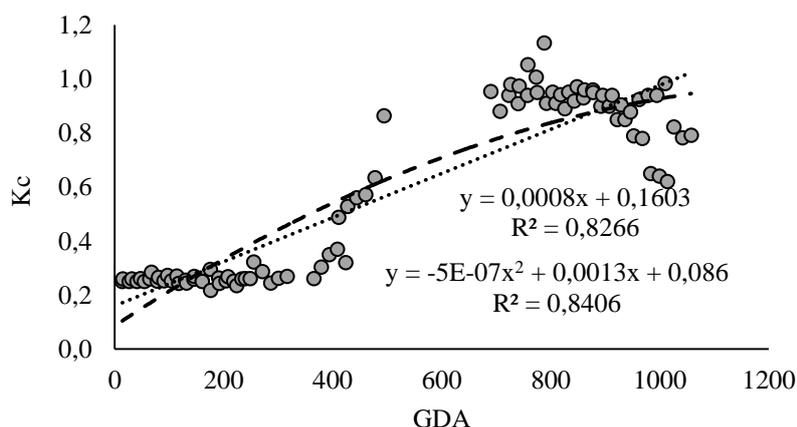


Figura 3. Evolução do Kc do meloeiro em função dos Graus-dia acumulados (GDA). Mossoró, RN, Brasil.

As equações de estimativa foram: $Kc = 0.0008GDA + 0.1603$ ($R^2 = 0,83$) e $Kc = -5 \cdot 10^{-7}GDA + 0.0013GDA + 0.086$ ($R^2 = 0,84$). Quanto aos indicadores de desempenho, os resultados para o modelo linear e para o modelo quadrático foram, respectivamente: $d - 0,60$ e $0,50$; $r - 0,55$ e $0,70$; $c: 0,33$ e $0,35$; $RM: 1,11$ e $1,16$. Os modelos apresentaram um alto coeficiente de correlação de Pearson (r), significante a 5%, e coeficiente de Willmott (d) regular. Tais índices estão relacionados ao afastamento dos valores estimados em relação aos observados, variando de zero para nenhuma concordância, a 1,0 para a concordância perfeita. De acordo com interpretação do índice de desempenho de Camargo (c), as médias obtidas pelo modelo linear e quadrático configuram-se como péssimo desempenho. O coeficiente de correlação de Pearson é utilizado para expressar o grau de associação entre duas variáveis numéricas (ZUFFO et al., 2018). Os valores do coeficiente de Pearson encontradas apresentam correlação positiva e alta. Já os valores de razão média (RM) informam que os modelos superestimaram os dados observados. Devido os valores do coeficiente de Pearson (r) e do coeficiente de determinação (R^2) apresentarem-se como bons e os valores da razão média (RM) superestimarem no máximo em 16%, os dois modelos podem ser utilizados para estimar os valores de Kc.

A partir do coeficiente de cultivo que foi determinado pelos graus-dia, estimou-se o acumulado da evapotranspiração para cada fase de desenvolvimento da cultura (Tabela 4). O modelo linear apresentou subestimativas consideráveis (até 24%) no estágio médio, enquanto o modelo quadrático revelou subestimar a ET nesse estágio (12%) como também no estágio de desenvolvimento (17%). A subestimativa da lâmina de irrigação justamente no estágio médio, fase de maior demanda hídrica, afeta a turgescência, prejudicando a expansão e divisão celular que atuam no crescimento vegetal (VIEIRA et al., 2017).

No estágio inicial ambos os modelos geraram superestimativas, pois durante esse período a ET medida permaneceu praticamente constante, devido às práticas culturais adotadas (cobertura plástica e uso do agrotêxtil). Martel et al (2018) sugerem que um dos erros associados às estimativas de Kc com GDA é que a duração dos estádios fenológicos varia com a disponibilidade de energia, dificultando a acurácia do modelo, especialmente no estágio inicial. Superestimativas ocorreram também no estágio final, quando as plantas recebem as menores lâminas de irrigação para garantir as características de aceitabilidade do mercado, e os modelos estimaram uma ET superior.

Tabela 4: Evapotranspiração acumulada medida pelo método do Balanço de Energia pela Razão de Bowen (ET_{BERB}) e estimada pelos Graus-dia Acumulados (ET_{GDA}) em cada estágio fenológico da cultura.

Experimento 1						
Modelo linear				Modelo quadrático		
Estádio	ET_{BERB}	ET_{GDA} mm	Diferença	ET_{BERB}	ET_{GDA} mm	Diferença
Inicial	30,1	37,0	6,9	38,9	45,2	6,2
Desenvolvimento	72,4	76,0	3,6	79,8	66,6	-13,3
Médio	99,4	75,1	-24,2	121,0	107,4	-13,6
Final	52,7	57,8	5,1	32,3	45,9	13,6
Total	254,6	246,0	-8,6	272,1	265,0	-7,1

Experimento 2						
Modelo linear				Modelo quadrático		
Estádio	ET_{BERB}	ET_{GDA} mm	Diferença	ET_{BERB}	ET_{GDA} mm	Diferença
Inicial	30,1	36,4	6,2	38,9	44,3	5,4
Desenvolvimento	72,4	82,7	10,2	79,8	72,1	-7,7
Médio	99,4	77,2	-22,1	121,0	106,3	-14,7
Final	52,7	55,0	2,4	32,3	40,5	8,2
Total	254,6	251,3	-3,3	272,1	263,3	-8,8

Considerando todo o ciclo da cultura, a modelagem apresentou-se satisfatória, como somente 3% de subestimativa. Contudo, e apesar de dois índices de desempenho mostrarem que a estimativa é adequada, os dados acumulados para os estádios fenológicos apresentam uma diferença acentuada entre a lâmina estimada e medida. Conforme Noreto (2018), o déficit hídrico intensifica a ação da temperatura do ar sobre os processos fisiológicos vegetal, resultando em diferenças nos valores de soma térmica para a mesmo cultivar por alterar a duração dos períodos de desenvolvimento dos cultivares, afetando a demanda transpiratória causando o fechamento dos estômatos e redução na fotossíntese.

4. CONCLUSÕES

O índice de área foliar e o acúmulo de matéria seca foram bem representados por relações quadráticas em função dos Graus-dia acumulados. O máximo IAF ocorreu, em média, com 873 °C-dia acumulados. Para atingir o ponto da colheita, a cultura necessitou de 1078°C-dia.

As estimativas dos modelos linear e quadrático não apresentaram diferenças significativas com o K_c obtido em campo. Entretanto, a ET estimada pelo modelo linear para o estágio médio chegou a ser 24% inferior. Para todo o ciclo, a diferença máxima entre ET estimada e medida foi apenas 3%. O modelo quadrático é o mais indicado para estimar os coeficientes de cultivo do meloeiro, nas condições de cultivo deste trabalho.

5. REFERÊNCIAS

ALLEN, RG; PEREIRA, LS; RAES, D; SMITH, M. **Evapotranspiration del cultivo: guias para a determinação dos requerimentos de água dos cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio Riego e Drenaje, Documento 56).

ANGEL, J. R.; WIDHALM, M.; TODEY, D.; MASSEY, R.; BIEHL, L. The U2U Corn Growing Degree Day tool: Tracking corn growth across the US Corn Belt. **Climate Risk Management**, v. 15, p. 73-81, 2017.

BAKER, J. T.; REDDY, V. R. Temperature Effects on Phenological Development and Yield of Muskmelon. **Annals of Botany**, v. 87, n. 5, p. 605-613, 2001.

BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S. de; COELHO Filho, M. C., SILVA, T. S. M. da; PAMPONET, R. M. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.74-80, 2010.

BORGES, V. P.; SILVA, B. B; SOBRINHO, J. E.; FERREIRA, R. C.; OLIVEIRA, A. D.; MEDEIROS, J. F. Energy balance and evapotranspiration of melon grown with plastic mulch in the Brazilian semiarid region. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 5, p. 385-392, 2015.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

COBLENTZ, W. K.; AKINS, M. S.; KALSCHUR, K. F.; BRINK, G. E.; CAVADINI, J. S. Effects of growth stage and growing degree day accumulations on triticale forages: 1. Dry matter yield, nutritive value, and in vitro dry matter disappearance. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 8965-8985, 2018a.

COBLENTZ, W. K.; AKINS, M. S.; KALSCHUR, K. F.; BRINK, G. E.; CAVADINI, J. S. Effects of growth stage and growing degree day accumulations on triticale forages: 2. In vitro disappearance of neutral detergent fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 8986-9003, 2018b.

D'ANDRIMONT, R.; TAYMANS, M.; LEMOINE, G.; CEGLAR, A.; YORDANOV, M.; VAN DER VELDE, M. Detecting flowering phenology in oil seed rape parcels with Sentinel-1 and -2 time series. **Remote Sensing of Environment**, v. 239, p. 111660, 2020.

FERNEDA, B. G.; BOEING, E.; SILVA, A. C.; SOUZA, A. P.; SILVA, S. G.; MARTIM, C. C.; PALADINO, F. G.; TANAKA, A. A. Graus-dias na estimativa das taxas de crescimento de quatro cultivares de soja em diferentes épocas de plantio. **Nativa**, v.4, n.3, p.121-127, 2016.

FRANCO, J. E. A. **Produção e qualidade de frutos de melancia em solo sob aplicação de lithothamnium e cobertura morta**. 2017. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciência Agrárias, Teresina-PI, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTICA (IBGE). **Produção Agrícola municipal**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>>. Acessado em: 22 de março de 2020.

MARTEL, M.; GLENN, A.; WILSON, H.; KROBEL, R. Simulation of actual evapotranspiration from agricultural landscapes in the Canadian Prairies. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 15, p. 105-118, 2018.

MIRANDA, WL; CARVALHO, LG; CASTRO NETO, P.; SANTOS, PAB Utilização do lisímetro de drenagem para a obtenção do “Kc” da mamoneira em plantio adensado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, p.08-13, 2016.

NORETO, L. M. **Temperatura mínima basal, acúmulo de graus-dia, duração do ciclo, componentes de rendimento e estimativa de produtividade para cultivares de trigo**. 2018. 65f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2018.

STEINMETZ, S.; CUADRA, S. V.; ALMEIDA, I. R.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; FAGUNDES, P. R. R. Soma térmica e estádios de desenvolvimento da planta de grupos de cultivares de arroz irrigado. **Agrometeoros**, v.25, n.2, p.405-414, 2017.

VALLE, K. D. do; CHAVES, V. B. S.; PEREIRA, L. D.; REIS, E. F. dos; SALAZAR, A. H.; SILVA, D. F. P. da. Chlorophyll content and degrees day accumulation in passion fruit species in the Southwest of Goiás, Brazil. **Comunicata Scientiae**, v. 9, n. 3, p. 351-355, 2018.

VIEIRA, D. A.; CARVALHO, M. M. P.; AIDAR, S. D. T.; MARINHO, L. B.; MESQUITA, A. D. C. Produção de matéria seca e fisiologia em meloeiro submetido ao estresse hídrico em região Semiárida. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 20; SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 5., 2017, Juazeiro, BA. A agrometeorologia na solução de problemas multiescala: **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido; Juazeiro: UNIVASF; Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2017.

ZUFFO, A. M.; RIBEIRO, A. B. M.; BRUZI, A. T.; ZAMBIAZZI, E. V.; FONSECA, W. L. Correlações e análise de trilha em cultivares de soja cultivadas em diferentes densidades de plantas. **Cultura Agrônômica: Revista de Ciências Agrônômicas**, v. 27, n. 1, p. 78-90, 2018.

DINÂMICA DA PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA NO CARIRI ORIENTAL DA PARAÍBA

Matheus Mendes de Sousa¹, José Manoel Ferreira de Lima Cruz¹, Otília Ricardo de Farias¹, Paulo Henrique de Almeida Cartaxo¹, João Paulo de Oliveira Santos¹, Daniel Duarte Pereira¹

¹Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Campus II, Areia-PB, e-mail: cruz.jmfl@gmail.com

RESUMO

Devido o potencial de produção em baixa precipitação pluviométrica, a palma forrageira tornou-se um relevante recurso para a alimentação animal, principalmente nas regiões semiáridas. Objetivou-se avaliar a dinâmica de palma forrageira nos municípios do Cariri Oriental, associando-se os resultados obtidos com os padrões locais de criação animal e precipitação pluviométrica. Os dados utilizados foram obtidos a partir do Censo Agropecuário 2017, fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), utilizando o Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) e os valores de precipitação pluviométrica através da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Para analisar a influência das variáveis foi realizada uma matriz de correlação e uma análise descritiva de componentes principais. A matriz de correlação apresentou correlação positiva entre o número de estabelecimentos agropecuários e a produção de palma, assim como com a área colhida de palma. Houve correlação positiva da produção de palma e a área colhida e a criação de bovinos. A precipitação pluviométrica teve correção negativa com a criação de caprinos e ovinos. A análise de componentes principais registrou 81,67% de explicação da variância original nos dois primeiros eixos e demonstrou forte associação da produção de palma, com a criação de bovino, área colhida e estabelecimentos agropecuários, bem como a forte relação da criação e ovinos e caprinos. A criação bovina nos municípios do Cariri Oriental mostrou-se está fortemente ligada na dinâmica da produção de palma e a baixa precipitação pluviométrica nos municípios possibilita uma tendência na criação de ovinos e caprinos.

PALAVRAS-CHAVE: Criação Animal, Precipitação Pluviométrica, Semiárido.

1. INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas são as mais vulneráveis às mudanças climáticas, que em consequência do aumento de temperatura e mudanças na precipitação podem tornar-se regiões áridas, provocando alterações não apenas climáticas, mas fitogeográficas, práticas econômicas e sociais (NÓBREGA & SANTIAGO, 2016). No Brasil, a faixa territorial considerada como semiárida, abrange uma área de 969.589,4 km², representando 11,39% do território brasileiro e 60% da região Nordeste (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, 2005).

Segundo Nóbrega & Santiago (2016), o volume anual de precipitação no Nordeste Brasileiro varia entre 400 mm a 800 mm, porém as concentrações destas chuvas são entre dois a quatro meses, sobre solo cristalino, em sua maior parte, de difícil infiltração, com alto teor de cloreto de sódio, e alta taxa de evaporação. Além disto, no semiárido Nordestino, a pecuária leiteira representa um importante fator econômico para os agricultores desta região, entretanto as condições climáticas decorrentes de secas periódicas de maior ou menor intensidade comprometem diretamente a potencialidade pecuária da região, devido, principalmente, à redução na quantidade e qualidade de forragens (WANDERLEY et al., 2012)

A palma devido a sua rusticidade e potencial de produção em baixa precipitação pluviométrica tornou-se um relevante recurso para a alimentação animal, com alta capacidade de oferta de forragem quando comparada à vegetação nativa da caatinga (OLIVEIRA et al., 2010; SALES et al., 2009). A palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Nopalea cochenillifera*) pertencente à família das cactáceas são espécies originadas do México, considerada uma das principais fontes de forragem para rebanhos na região Nordeste, apresentando boas características de adaptação ao clima semiárida associada à boa produtividade e alta palatabilidade (RAMOS et al., 2017).

A palma é considerada uma planta xerófita e forrageira de alta produtividade, consumida pelo o homem e por várias espécies animais, compondo até 80% da dieta dos animais, sobretudo no período de estiagem (SOARES II & SILVA JÚNIOR, 2012). As possibilidades de sucesso da pecuária nas condições semiáridas elevam significativamente quando se utiliza forrageiras com alto potencial de produção e adaptadas aos efeitos das adversidades edafoclimáticas, principalmente do déficit hídrico (CÂNDIDO et al., 2013).

Diante disto, a presente pesquisa objetivou-se avaliar a dinâmica de palma forrageira nos municípios do Cariri Oriental, associando-se os resultados obtidos com os padrões locais de criação animal e precipitação pluviométrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O Cariri Paraibano Oriental está inserido na mesorregião da Borborema do Estado da Paraíba, entre as coordenadas de 7° e 8° 30' S e 36° e 37° 30' O, possuindo uma extensão territorial de 4.242 km² e com altitude variando para níveis de 400 a 600m. Segundo o IBGE (2020), a microrregião é composta por 12 municípios (Alcantil, Barra de Santana, Barra de São Miguel, Boqueirão, Cabaceiras, Caraúbas, Caturité, Gurjão, Riacho de Santo Antônio, Santo André, São Domingos do Cariri e São João do Cariri), possuindo vegetação típica de Caatinga, com clima classificado segundo Koopen, tipo climático Bsh - semiárido quente, onde apresenta os mais baixos índices pluviométricos do estado (Figura 1).



Figura 1. Mapa do Cariri Oriental do Estado da Paraíba.

As informações referentes ao cultivo de palma forrageira e produção de bovinos, ovinos e caprinos dos municípios produtores da Paraíba foram obtidas através do banco de dados do Censo Agropecuário 2017, sendo para isso utilizado o Sistema de Recuperação Automática (SIDRA). Os valores relativos à precipitação pluviométrica no período estudado foram obtidos junto ao site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs).

Para analisar a influência das variáveis sobre as de produção da cultura da Palma Forrageira no Cariri Oriental, foi realizada uma matriz de correlação e uma análise descritiva de componentes principais (ACP). A análise estatística foi realizada pelo software estatístico R (R Core Team, 2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluviométrica das cidades em estudo variou de 233.1 mm a 70.4 mm, para os municípios de Alcantil e Caraúbas respectivamente (Tabela 1). A precipitação média para o ano de 2017 foi de 164 mm (AESAs, 2020), onde apenas as cidades Alcantil, Barra de Santana, Barra de São Miguel, Boqueirão, Cabaceiras, Caturité e Santo André superaram a média anual. O maior número de estabelecimentos agropecuários, produção de palma e área colhida de palma foi no município de Barra de Santana, com 438 unidades, 32052 toneladas e 536 hectares respectivamente. Em relação à criação de bovinos, destaca-se também o município de Barra de Santana, entretanto as maiores criação de caprino pertence ao município de Caraúbas e de ovinos o município de São João do Cariri.

Tabela 1. Variáveis de produção de palma forrageira, criação animal e precipitação pluviométrica dos municípios do Cariri Oriental no ano de 2017.

Cidades	NEA (Unidades)	PP (t)	ACP (ha)	B	C	O	PR (mm)
Alcantil	8	254	6	4200	2608	1100	228.9
Barra de Santana	438	32052	536	11000	3000	2200	233.1
Barra de São Miguel	2	0	0	3000	13400	10000	183.4
Boqueirão	45	2201	64	8962	9000	10000	175.7

Cabaceiras	164	968	129	2600	10800	8500	204.7
Caraúbas	3	2	1	2017	17524	5532	70.4
Caturité	14	547	30	5887	1500	1900	255.8
Gurjão	0	0	0	1924	9645	4556	116.4
Riacho de Santo Antônio	1	0	0	1600	3200	3700	93.7
Santo André	1	0	0	1949	9395	3384	182.0
São Domingos do Cariri	10	118	8	1100	7000	3700	154.7
São João do Cariri	16	411	11	3556	11183	11012	88.6

NEA = Número de estabelecimentos agropecuários; PP = Produtividade de palma; ACP = Área colhida de palma; B = Número de cabeça de bovinos; C = Número de cabeça de caprino; O = Número de cabeça de ovinos; PR = Precipitação pluviométrica.

Costa et al. (2008), verificaram na microrregião do Cariri Paraibano que o tamanho médio das propriedades de 50 hectares, com 95% desta área era ocupada com atividade pecuária, principalmente com a produção de leite. As de chuvas forma regular é considerada a variável meteorológica mais importante para as atividades agrícolas e sua compreensão é essencial para a identificação da ocorrência de fenômenos extremos, como as secas (SANTOS et al., 2019). RANGEL et al., (2009), observaram no Cariri Ocidental Paraibano que, 78,3% dos produtores cultivam a palma “Gigante” e apenas 4,3% a palma “Doce”. A palma é uma espécie que se sobressai no Semiárido brasileiro em relação às outras forrageiras, devido conter em média 90% de água nos seus cladódios, o que representa uma valiosa contribuição no suprimento hídrico dos animais (BEZERRA, et al., 2015)

A matriz de correlação entre as variáveis evidencia uma correlação positiva entre o número de estabelecimentos agropecuários e produção de palma ($r = 0,94$), assim como com a área colhida de palma ($r = 0,99$) e produção de bovino (0.69) (Figura 2).

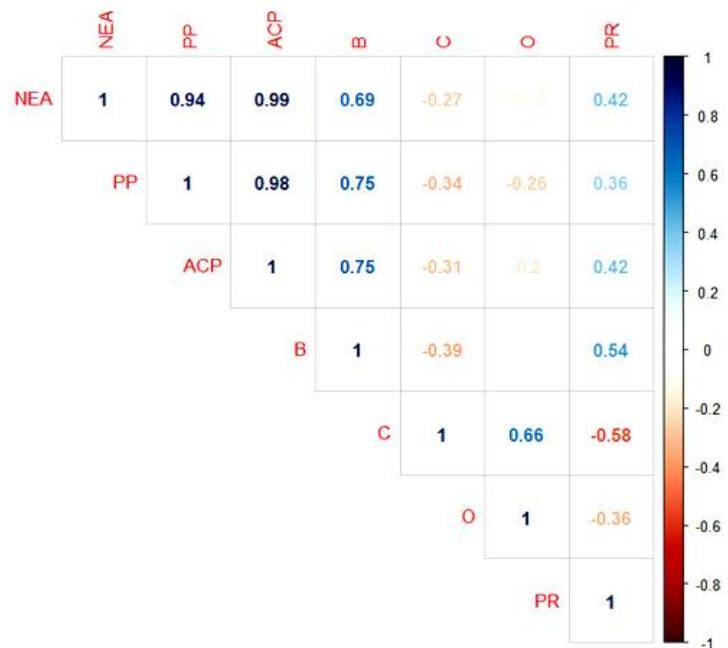


Figura 2. Matriz de correlação entre as variáveis analisadas. NEA = Número de estabelecimentos agropecuários; ACP = Área colhida de palma; PP = Produtividade de palma; PR = Precipitação pluviométrica; B = Bovino; C = Caprino; O = Ovino.

Também houve correlação positiva da produção de palma e a área colhida ($r = 0.98$) e a criação de bovinos ($r = 0.75$), relacionando que a produção de palma aumenta significativamente com a crescente criação de bovinos. A área de colhida de palma correlacionou-se com a produção de bovinos ($r = 0.75$). A precipitação pluviométrica teve correção negativa com a criação de caprinos ($r = -0.58$) e ovina ($r = -0.36$), evidenciando que a criação de caprinos e ovinos aumenta em períodos de seca.

Ferreira et al. (2009) relataram que a palma forrageira tem cada vez mais despertado o interesse de produtores das regiões semiáridas pela sua inclusão na dieta de diferentes categorias de bovinos em diferentes formas.

A palma forrageira é bem adaptada às condições semiáridas e pode suportar longos períodos de estiagem e apresenta grande diversidade quanto à aptidão em uma mesma região, devido a grande variação da precipitação ao longo dos anos, podendo fazer com que em determinada localidade apresente condições desde ideal a inapta (BEZERRA et al., 2014).

A relação da caprinocultura e ovinocultura com baixas precipitações pluviométricas destacam-se devido estes animais serem mais resistentes às condições edafoclimáticas do Cariri Paraibano, em relação à bovinocultura, o que explica o destino da palma forrageira principalmente para criação de gado leiteira, predominante na região.

A análise de componentes principais registrou 81,67% de explicação da variância original nos dois primeiros eixos (Figura 3).

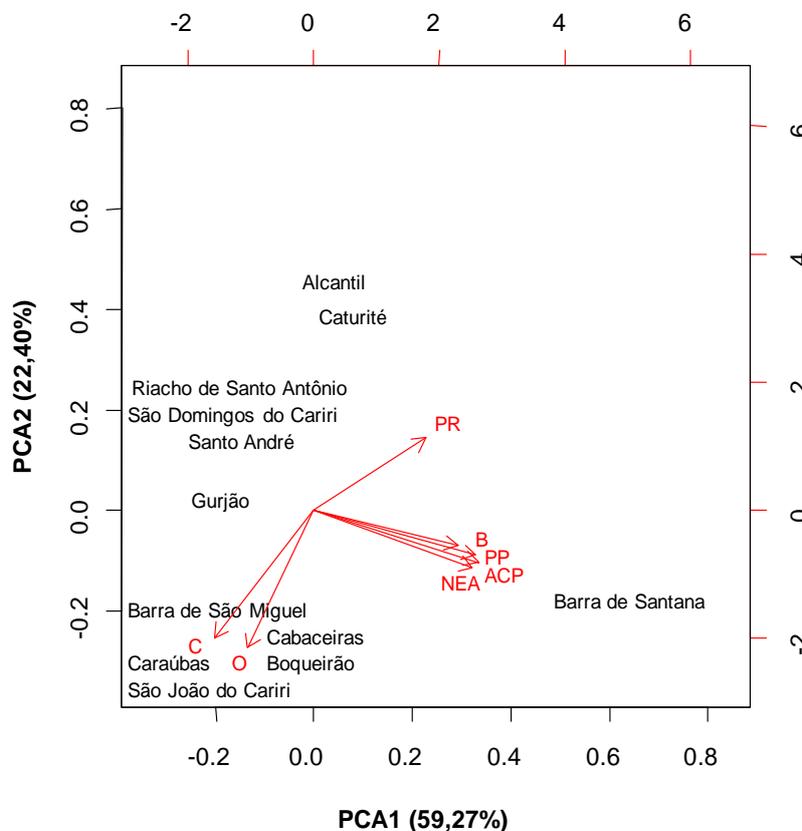


Figura 3. Análise de componentes principais. NEA = Número de estabelecimentos agropecuários; ACP = Área colhida de palma; PP = Produtividade de palma; PR = Precipitação pluviométrica; B = Bovino; C = Caprino; O = Ovino.

Para o eixo 1 (PCA1), que explicou 59,27% da variância, as variáveis com maior associação foram o número de estabelecimentos agropecuários ($r = 0.44$), área colhida de palma ($r = 0,46$), produtividade de palma ($r = 0,45$) e criação de bovinos ($r = 0.40$). Observou-se que apenas o município de Barra de Santana agrupou-se nessas variáveis.

Para o eixo 2 (PCA2), que explicou 22,40% da variância, as variáveis associadas foram a criação de caprinos ($r = -0.57$) e ovinos ($r = -0.61$). Verificou-se que os municípios de Barra de São Miguel, Cabaceiras, Boqueirão, Caraúbas e São João do Cariri agruparam nas variáveis deste eixo.

A precipitação pluviométrica não se associou a nenhuma variável em nenhum dos eixos, entretanto ela tende a ser mais relacionada com as variáveis agrupadas no eixo 1 (PCA1).

Apesar de a palma forrageira ser utilizada como alternativa na alimentação de rebanhos nos períodos de estiagem, devido sua adaptação as condições semiáridas, de acordo com Moura et al. (2011) a palma forrageira, tal como outra cultura qualquer, não dispensa tratamentos culturais básicos, como a demanda hídrica adequada para expressar seu potencial produtivo. Desta forma as condições climáticas específicas subsidiam em informações para maximização da produção da palma forrageira.

A associação entre caprinos e ovinos no Cariri Oriental é uma opção viável e rentável para os pequenos produtores rurais e para as unidades de produção familiar, devido seu baixo custo, quando comparado com a bovinocultura e por isto sempre são criados conjuntamente devido práticas e dietas semelhantes e por sua rusticidade ao semiárido.

4. CONCLUSÕES

A criação bovina nos municípios do Cariri Oriental mostrou-se está fortemente ligada na dinâmica da produção de palma e a baixa precipitação pluviométrica nos municípios possibilita uma tendência na criação de ovinos e caprinos.

REFERÊNCIAS

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Monitoramento**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 08 de dezembro de 2020.

AGUIAR, S. C.; QUERINO, L. A. L.; DA SILVA, P. F.; DE LIMA, V. L. A. Vulnerabilidade da Palma Forrageira e pecuária bovina no Estado da Paraíba frente ao ataque da cochonilha do carmim. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, p. 104-115, 2019.

ALBUQUERQUE, S. G.; SANTOS, D. C. Palma Forrageira. In: KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Ed.). **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semiárido brasileiro**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2005. p. 91-127.

BEZERRA, B. G.; ARAÚJO, J. S.; PEREIRA, D. D.; LAURENTINO, G. Q.; SILVA, L. L. D. Zoneamento agroclimático da palma forrageira (*Opuntia* sp.) para o estado da

Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 755-761, 2014.

BEZERRA, S. D. F., DA SILVA, T. G. F., DE SOUZA, L. S. B., DE MOURA, M. S. B., DE MORAIS, J. E. F., DINIZ, W. D. S., DE QUEIROZ, M. G. Demanda hídrica bruta da Palma Forrageira em cenários futuros de mudanças climáticas no Estado, de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n.6, p. 1628-1643. 2015.

BORLAND, A. M.; BARRERA ZAMBRANO, V. A.; CEUSTERS, J.; SHORROCK, K. The photosynthetic plasticity of crassulacean acid metabolism: an evolutionary innovation for sustainable productivity in a changing world. **New Phytologist**, v. 191, n. 3, p. 619-633, 2011.

CÂNDIDO, M. J. D.; GOMES, G. M. F.; LOPES, M. N.; XIMENES, L. J. F. Cultivo de palma forrageira para mitigar a escassez de forragem em regiões semiáridas. **Informe Rural Etene**. v. 7, n. 3, p. 1-7, 2013.

CLEMENTINO, I. J.; PIMENTA, C. L. R. M.; FERNANDES, L. G.; BEZERRA, C. S.; ALVES, C. J.; DIAS, R. A. Caracterização da pecuária bovina no Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n.1. p. 557-570, 2015.

CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E COMPORTAMENTO INGESTIVO. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 3, p. 1-20, 2017.

COSTA, R. G.; ALMEIDA, C. C.; PIMENTA FILHO, E. C.; HOLANDA JUNIOR, E. V.; SANTOS, N. M. Caracterização do sistema de produção caprino e ovino na região Semi-Árida do estado da Paraíba. Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v.57, p.195-205, 2008.

DAVIES, S. C.; DOHLEMAN, F. G.; LONG, S. P. The global potential for Agave as a biofuel feedstock. **Global Change Biology Bioenergy** v. 3, n. 1, p. 68–78, 2011.

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.9, n.1, p.151-158, 2014.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Potential of cactus pear in South America. **Cactusnet Newsletter**, v. 13, p. 29-40, 2013.

ÉDER-SILVA, É.; DE MOURA, B. R.; DE MELO VIEIRA, C.; SILVA, P. R. V.; GONÇALVES, S. H. L. N.; ALENCAR, A. P.; DE ABREU, J. B. R. Crescimento de clones da palma forrageira orelha de elefante mexicana (*Opuntia Stricta*) e miúdo doce (*Nopalea Cochenillifera*) submetido a três preparos de solo. **Revista Acta Kariri-Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 2, n. 1, 2020.

FERREIRA, M. D. A.; SILVA, F. M. D.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. D. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, (Suplemento) p. 322-329, 2009.

FERREIRA, M. D. A.; SILVA, R. R. D.; RAMOS, A. O.; VÉRAS, A. S. C.; MELO, A. A. S. D.; GUIMARÃES, A. V. . Síntese de proteína microbiana e concentrações de ureia em vacas alimentadas com dietas à base de palma forrageira e diferentes volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 159-165, 2009.

FIGUEREDO, V. S.; SILVA, E. C. da.; GOMES FILHO, M. F. Sustentabilidade ambiental para o semiárido Paraibano: á busca de estratégias para o Município de Juazeirinho-PB. In: **Anais.. XVI Encontro Nacional dos geógrafos. ENG2010 Porto Alegre**, 2010.

INGLESE, Paolo. Plantação e manejo do pomar. In: BARBERA, Guiseppo; INGLESE, Paolo (Eds.). **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE. (Estudo da FAO em Produção Vegetal, 132), 2001. p.79-93.

LEITE, M. L. D. M. V.; DA SILVA, D. S.; DE ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; RAMOS, J. P. D. F. Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v.27, n.2, p.192-200, 2014.

LIMA, I. M. M.; GAMA, N. S. Registro de plantas hospedeiras (*cactaceae*) e de nova forma de disseminação de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemíptera: Diaspididae), cochonilha-da-palma forrageira, nos estudos de Pernambuco e Alagoas. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.30, n.3, p. 479-481, 2001.

MELO, A. A. S. D.; FERREIRA, M. D. A.; VERÁS, A. S. C.; LIRA, M. D. A.; LIMA, L. E. D.; VILELA, M. D. S.; ARAÚJO, P. R. B. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em dietas para vacas em lactação e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 727-736, 2003.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília: MIN/Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, 2005.

MOURA, M. S. B.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F.; SÁ, I. I. S. Zoneamento agroclimático da palma forrageira para o estado de Pernambuco. **Petrolina: Embrapa Semiárido 2011**. 26p. Documentos 242.

OBEL, P. S. Biologia Ambiental. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Paraíba: SEBRAE. (Estudo da FAO em Produção Vegetal, 132), 2001.p. 36-48; 103-111.

OLIVEIRA, E. A.; JUNQUEIRA, S. F.; MASCARENHAS, R. J. Caracterização físico-química e nutricional do fruto da palma (*Opuntia ficus indica* Mill) cultivada no sertão do sub-médio são Francisco, **Holos**, v. 3, p. 113-119, 2011.

OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; SILVA, R. P.; ANDRADE FILHO, F. C.; JÚNIOR, E. B. P. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 27-37, 2010.

PIMIENGA, B. E.; LOERA, Q.; LÓPEZ, A. Estudio anatómico comparativo em morfoespecies Del subgênero opuntia. **In: Actas III Congreso Internacional de Tuna y Cochinilla**. Santiago de Chile, p. 30-39, 1992.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R Foundation For Statistical Computing. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Viena, Áustria. 2006. ISBN: 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 07 de dezembro de 2019.

RAMOS, J. P. F. Fontes de volumoso em dieta para cabras Anglo Nubiana em lactação:

RANGEL, A. H. N.; DE LIMA JÚNIOR, D. M.; BRAGA, A. P.; SIMPLÍCIO, A. A.; AGUIAR, E. M. Suprimento e demanda de nutrientes em sistemas em não equilíbrio. **Revista Verde**, v.4, n.1, p.14-30. 2009.

RANGEL, A. H. N.; LIMA JUNIOR, D. M.; BRAGA, A. P.; SIMPLÍCIO, A. A.; DE AGUIAR, E. M. Suprimento e demanda de nutrientes em sistemas em não equilíbrio. **Revista Verde**, v.4, n.1, p.14-30. 2009.

RANGEL, J. A. F.; SANTOS, E. M.; LEITE, M. L. M. V.; VIANA, B. L.; LOPES, I. S.; SILVA, J. E. R.; FIGUEREDO, J. M. **Caracterização do corte e fornecimento da palma forrageira no Cariri Ocidental Paraibano**, 2010. Disponível em <http://www.eventosufrpe.com.br>. Acesso em 06 de abril de 2010.

SALES, A. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; VIEIRA, M. L. M.; VIANA, B. L.; LEÓN, M. J.; SÓLIS, A. M. Adaptation potential of cactus pear to soil and climatic conditions of the Semi-Arid in Paraíba State, Brazil. **Acta Horticulturae**, v.811, p.395-400, 2009.

SANTOS, C. A. G.; MOURA, R.; SILVA, R. M.; COSTA, S. G. F. Cluster Analysis Applied to Spatiotemporal Variability of Monthly Precipitation over Paraíba State Using Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Data. **Remote Sensing**, v. 11, n. 6, e637, 2019.

SANTOS, D. C. DOS; FARIAS, I.; LIRA, M. DE A.; SANTOS, M. V. F. DOS; ARRUDA, G. P. DE; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. DE. **Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA. Documentos, 30).

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção Agrícola Municipal**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 28 de novembro de 2020.

SILVA NOBREGA, R.; SANTIAGO, G. A C. F. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, n. 63, p. 9-26, 2016.

SILVA, A. M. A.; SANTOS, J. J.; COSTA, W. D.; BARROS, L. E. F.; SANTOS, A. P. M.; SILVA, R. A. C.; SILVA, W. C. M.. Efeito do espaçamento e forma de plantio sobre a palma forrageira *Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck no semi-árido alagoano. **In: V Congresso Nordestino de Produção Animal. Anais...** Aracaju: Sociedade Nordestina de Produção Animal (CD-ROM), 178p, 2008.

SOARES II, J. C & SILVA JÚNIOR, S. S. Palma forrageira: uma alternativa para sobrevivência no Semiárido. **Revista Cabra e Ovelha**, v. 34, n. 72, p. 4-5, 2012.

TEIXEIRA, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; PEREZ, J. R. O.; TRINDADE, I. A. C. M.; MORON, I. R. Cinética da digestão ruminal da palma forrageira (*Nopalea cochenillifera*(L.) Lyons- *Cactáceae*) em bovinos e caprinos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 1, p. 179-186, 1999.

UEREDO, V. S.; SILVA, E. C. da.; GOMES FILHO, M. F. Sustentabilidade ambiental para o semiárido Paraibano: á busca de estratégias para o Município de Juazeirinho-PB. **In: Anais XVI Encontro Nacional dos geógrafos.** ENG2010 Porto Alegre.

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. D. A.; ANDRADE, D. K. B. D.; VÉRAS, A. S. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E. D.; DIAS, A. M. D. A. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 273-281, 2002.

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. A.; BATISTA, A. M. V.; VÉRAS, A. S. C.; SANTOS, D. C.; URBANO, S. A.; BISPO, S. V. Silagens e fenos em associação à palma forrageira para vacas em lactação. Consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 745-754, 2012.

DINÂMICA DA PRODUÇÃO DE *Phaseolus vulgaris* L. EM UM MUNICÍPIO DO SEMIÁRIDO DE ALAGOAS

Paulo Henrique de Almeida Cartaxo¹, Rodolfo José da Silva Félix¹, Kennedy Santos Gonzaga¹, Mirandy dos Santos Dias², Andressa Kamila Souza Alves¹, Francisco Ítalo Fernandes de Oliveira³, João Paulo de Oliveira Santos¹

¹Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Campus II, Areia-PB, e-mail:

paulohenriquecartaxo@gmail.com

²Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande-PB

³Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife-PE

RESUMO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das culturas agrícolas mais importantes em todo o mundo, constituindo-se como uma importante base alimentar e nutricional. No Semiárido do Brasil, essa cultura assume um papel especial na agricultura local, representando uma importante fonte de subsistência. Devido as condições ambientais e baixo nível tecnológico empregado, a produção de feijão apresenta elevada vulnerabilidade produtiva. Nesse sentido, objetivou-se analisar a dinâmica de produção de feijão durante o período de 21 anos, no município de Poço das Trincheiras, Semiárido do estado de Alagoas. Os dados de produção foram obtidos do banco de dados da Produção Agrícola Municipal - Lavoura Temporária do IBGE, sendo para isso utilizado o Sistema de Recuperação Automática (SIDRA), posteriormente se realizou uma Análise de Componentes Principais (ACP). Observou-se grande variabilidade nas variáveis analisadas no decorrer do período de monitoramento, principalmente para a quantidade de feijão produzida. A Análise de Componentes Principais (ACP) explicou 82,81% da variância original dos dados nos dois primeiros eixos, e evidenciou a formação de dois agrupamentos de anos com características produtivas distintas.

PALAVRAS-CHAVE: Feijão, Vulnerabilidade produtiva, Condições climáticas.

1. INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui-se como a leguminosa alimentar mais importante na dieta humana. É cultivado em diversos sistemas de cultivos e em diferentes condições agroclimáticas (COSTA et al., 2018), figurando como uma das lavouras agrícolas mais importantes do mundo (FLORES et al., 2017). Países como a Índia, Mianmar, Brasil, EUA, China e México produzem quase 40% da produção global (LOS et al., 2020).

Essa cultura representa, devido a constituição de seus grãos, uma formidável opção nutricional para cerca de um bilhão de pessoas em todo o mundo (ROSSI et al., 2017). O feijão apresenta um alto nível de proteína (até 17%) e de carboidratos (40 a 60%), que inclui principalmente amido e fibras; além de baixos níveis de gordura (cerca de 1,5%); possuindo ainda minerais como potássio, magnésio, ferro e zinco (KAN et al. 2017).

No Brasil, o feijão está entre as principais culturas de grãos produzidas (GUEDES et al., 2017). Em 2018 foram cultivados quase 3 milhões de hectares, com uma produção superior a 2,9 milhões de toneladas (IBGE, 2020). Essa cultura tem grande importância social e econômica para o país, uma vez que além de ser uma das principais fontes de proteína para a população, representa uma importante fonte de renda para milhares de produtores rurais, especialmente agricultores familiares (MERCANTE et al., 2017).

Mais de 80% da produção de feijão nos países em desenvolvimento, como o Brasil, é oriunda da agricultura de subsistência de regiões semiáridas e sub-úmidas. Nessas áreas, a maioria das propriedades são de pequeno porte, comandadas por pequenos agricultores (ASSEFA et al., 2019).

A região Semiárida brasileira é uma das áreas mais pobres do país e abriga a grande maioria das propriedades familiares nacionais, nessa região as culturas agrícolas, como o feijão, são cultivadas em regime de sequeiro e baixo grau de tecnificação (ZERI et al., 2019; BATISTA et al., 2018). Soma-se a esse cenário, a ocorrência frequente de períodos secos durante a estação chuvosa, que a depender de sua intensidade e duração, podem causar danos significativos para a cultura do feijão, afetando consequentemente a economia local (ALVALÁ et al., 2017).

O acompanhamento da dinâmica produtiva de culturas importantes para o Semiárido do Brasil, como é o feijão, torna-se uma medida fundamental para compreender os fatores que interagem nessa cadeia agrícola. Nesse sentido, o objetivou-se analisar a dinâmica de produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante o período de 21 anos (1998-2018), no município de Poço das Trincheiras, Semiárido do estado de Alagoas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Poço das Trincheiras é um município localizado no sertão do estado de Alagoas (Figura 1), distando aproximadamente 221 km da capital Maceió. Ocupa uma área de 284,25 km², com população estimada de 14.354 habitantes (IBGE, 2018), dos quais 11966 moram na zona rural (PIGIRS, 2016). As principais atividades econômicas realizadas no município são o comércio, serviços, agropecuária e atividades de extrativismo vegetal e silvicultura (CPRM, 2005).

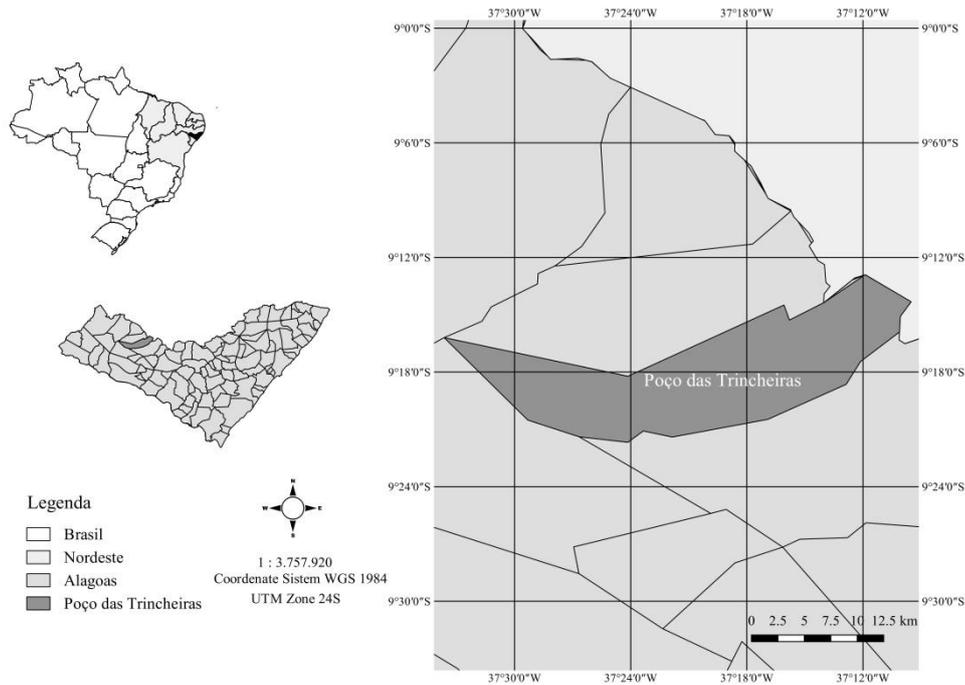


Figura 1. Localização do município de Poço das Trincheiras, Alagoas.

As temperaturas máximas são de 35 °C nos meses mais quentes e mínimas de 22 °C nos meses mais frios (BARBOSA et al., 2019). Os solos locais tem fertilidade bastante variada, com certa predominância de média para alta (CPRM, 2005).

As informações referentes ao cultivo de feijão em Poço das Trincheiras, no período de 1998 a 2018 foram obtidas através do banco de dados da Produção Agrícola Municipal - Lavoura Temporária do IBGE, sendo para isso utilizado o Sistema de Recuperação Automática (SIDRA). Utilizou-se a Análise de Componentes Principais (ACP) para análise simultânea de todas variáveis de produção durante o período monitorado. Esse tipo de análise permite o agrupamento dos indivíduos de acordo com sua variação, ou seja, segundo seu comportamento dentro da população, tendo ainda a capacidade de redução de massa de dados, com menor perda possível da informação (HONGYU et al., 2015). O programa estatístico utilizado foi o R (The R project for Statistical Computing, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de estudo, a produção de feijão em Poço das Trincheiras teve elevada variabilidade. Situação comum no Semiárido do Brasil, onde o desenvolvimento das culturas agrícolas é influenciado fortemente por diversos fatores, com destaque para a precipitação pluviométrica. Fatores como as alterações climáticas resultam em estresses bióticos e abióticos nas culturas agrícolas, incluindo o feijão comum, acarretando em uma diminuição no rendimento produtivo dessa leguminosa (ROSSI et al., 2017).

A área plantada com feijão variou de 3080 hectares (2013) a 60 hectares (2018), devendo-se destacar uma sequência de maiores áreas plantadas no período de 2013 a 2017 (Tabela 1). Período esse que se destacou por apresentar umas das estiagens mais severas da história no Semiárido (ROSSATO et al., 2017). Esse aumento possivelmente

se deve ao fato de que as poucas chuvas que ocorreram, concentraram-se no início da estação chuvosa, induzindo os agricultores a aumentar sua área de cultivo (BATISTA et al., 2018). A diminuição ou ausência de chuvas no decorrer do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura, levou a queda expressiva na área colhida nesse mesmo período, com destaque para o ano de 2013, em que foi registrada uma diferença de quase cinco vezes entre a área que foi colhida da área que foi plantada. Nesse tocante, percebe-se que esse comportamento de discrepância entre área plantada e área colhida foi relativamente comum durante os 21 anos em estudo, ocorrendo em 12 deles (1998, 2000, 2002, 2003, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018).

Tabela 1. Variáveis de produção de feijão no município de Poço das Trincheiras – Alagoas, durante o período de 1998 a 2018.

Ano	A. Plantada (ha)	A. Colhida (ha)	Produção (t)	Produtividade. (kg ha ⁻¹)	Valor da Produção (Mil reais)
1998	3000	2620	1361	519	1021
1999	1000	1000	355	355	284
2000	750	450	89	197	49
2001	1300	1300	1097	843	823
2002	1500	600	237	395	367
2003	500	75	6	80	8
2004	1075	1075	528	491	396
2005	500	500	248	496	223
2006	600	600	240	400	216
2007	700	700	300	428	306
2008	650	650	364	560	510
2009	600	600	356	593	297
2010	676	496	202	407	341
2011	705	705	153	217	233
2012	245	70	4	57	17
2013	3080	616	458	744	2198
2014	3000	1350	513	380	600
2015	3774	755	169	224	397
2016	2500	500	25	50	225
2017	3000	1200	488	407	895
2018	60	12	4	333	9

A distribuição de chuvas no Semiárido ocorre de forma irregular, tanto no tempo como no espaço. Essa variabilidade pluviométrica compromete um adequado planejamento agrícola, de modo que basta o início da ocorrência de chuvas para que os gestores iniciem programas como a distribuição de sementes, e em grande parte das vezes, quando não há uma continuidade das chuvas, há perda de todos os esforços com o preparo do solo e culmina com perdas expressivas das áreas plantadas (PATRICÍO; ARAÚJO, 2016).

O município de Poço das Trincheiras apresentou uma produção de feijão baixa e variável, com valores oscilando entre 1361 toneladas (1998) e 4 toneladas (2012 e 2018). Vários pequenos agricultores consideram o feijão como uma fonte complementar, se não a base de sua alimentação, principalmente na América Latina e na África (KONZEN et al., 2019). Quedas acentuadas na produção dessa leguminosa são preocupantes, visto a importância do feijão para a segurança alimentar das populações do Semiárido (REINALDO et al., 2015), o que pode implicar em aumento na

vulnerabilidade alimentar e social local (MARENCO et al., 2016). Dessa forma, com a menor oferta desse produto, como nos anos de 2003, 2012, 2016 e 2018, existe uma propensão ao aumento do preço desse grão a nível local, comprometendo assim sua aquisição por famílias com menor poder aquisitivo.

Foram observados valores de produtividade entre 843 kg ha⁻¹ (2001) e 50 kg ha⁻¹ (2016). Cabe destacar, que no ano de 2001, quando se obteve a produtividade máxima de feijão no município de Poço das Trincheiras, a produtividade média foi superior a produtividade do estado de Alagoas (549 kg ha⁻¹), da região Nordeste (312 kg ha⁻¹) e do Brasil (711 kg ha⁻¹) para o mesmo período (IBGE, 2020). No entanto, percebe-se uma mudança desse comportamento nos últimos anos. Em 2018, por exemplo, a produtividade média do feijão foi de 333 kg ha⁻¹, sendo ultrapassada pela média estadual (670 kg ha⁻¹), regional (369 kg ha⁻¹) e nacional (1027 kg ha⁻¹) (IBGE, 2020).

O maior valor de produção foi obtido em 2013, no qual se gerou uma receita de R\$ 2.198.000, valor que é mais que o dobro do registrado em 1998, ano com segundo maior valor de produção. Deve-se considerar, que nesse mesmo ano, a produção ficou acima da média do período em monitoramento (342,71 toneladas) e a produtividade foi a segunda maior registrada. Logo, os valores consideráveis dessa variável provavelmente estão associados a forte queda da produção no ano anterior, o que pode ter reduzido fortemente os estoques desse grão em escala regional, contribuindo assim para um maior valor agregado na safra posterior.

A Análise de Componentes Principais (ACP) explicou 82,81% da variância original dos dados nos dois primeiros eixos (Figura 2). No eixo 1, que resumiu 63,98% da variância, as variáveis com maior associação foram quantidade produzida ($r = -0,51$), área colhida ($r = -0,47$), valor da produção ($r = -0,45$) e área plantada ($r = -0,42$). Para esse eixo, ocorreu a formação de um agrupamento dos anos de 1998, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017, grupo esse que englobou os anos com maior valor de produção (2013 e 1998) e foi fortemente influenciado pelas maiores áreas plantadas com feijão.

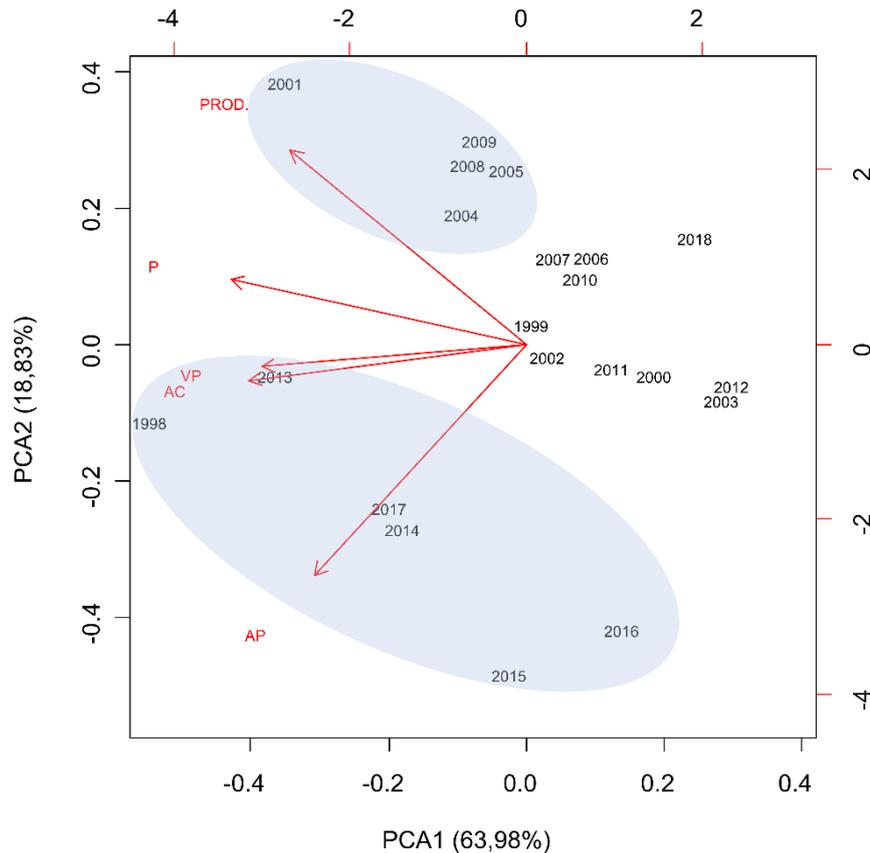


Figura 2. Análise de Componentes Principais (ACP). AC = Área Colhida; AP = Área Plantada; P = Quantidade Produzida; PROD. = Produtividade Média; VP = Valor da Produção.

Para o eixo 2, que reteve 18,83% da explicação da variância original, observa-se o comportamento antagônico entre área plantada ($r = -0,74$) e a produtividade ($r = 0,62$). Formou-se um agrupamento com os anos de 2001, 2004, 2005, 2008 e 2009. Anos esses que apresentaram as maiores produtividades do período (com exceção de 1998 e 2013), no entanto, não apresentaram as maiores áreas plantadas. Isso pode ser explicado pelo fato de que o aumento da área plantada não implica em aumento de produtividade, visto que essa variável é dependente principalmente do manejo e tecnificação empregados na lavoura, além de ser mais fortemente influenciada pela área colhida, visto a vulnerabilidade da área cultivada frente as oscilações de variáveis ambientais, como a ocorrências de chuvas e incidência de pragas e patógenos (ANDRADE et al., 2013).

4. CONCLUSÕES

As variáveis produtivas de feijão no município de Poço das Trincheiras apresentaram elevada variação temporal.

Fatores como o baixo grau de tecnificação empregado e a susceptibilidade a eventos de seca podem interagir negativamente nesse setor produtivo.

REFERÊNCIAS

ALVALA, R.; CUNHA, A. P.; BRITO, S. S.; SELUCHI, M. E.; MARENGO, J. A.; MORAES, O. L.; CARVALHO, M. A. Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, e20170209, 2019.

ANDRADE, A. J. P.; SOUZA, C. R.; SILVA, N. M. A vulnerabilidade e a resiliência da agricultura familiar em regiões semiáridas: o caso do Seridó Potiguar. **Campo-Território**, v. 8, n. 15, p. 1-30, 2013.

ASSEFA, T.; MAHAMA, A. A.; BROWN, A. V.; CANNON, E. K.; RUBYOGO, J. C.; RAO, I. M. et al. A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Molecular breeding**, v. 39, n. 2, e20, 2019.

BARBOSA, M. V.; LEITE, V. A.; BRITO, D. R.; SOUZA, W. C. L.; SILVA JUNIOR, I. P.; SILVA, L. E. B. Arborização nas Escolas Públicas do município de Poço das Trincheiras-AL. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 3, p. 728-741, 2019.

BATISTA, M. C.; SANTOS, J. P. O.; SILVA FILHO, J. A.; SOUSA, J. I.; FELIX, R. J. S.; SILVA, J. L. C. Influence of rainfall variability on bean production (*Phaseolus vulgaris* L.) in a municipality of Brazilian semiarid. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 1, p. 001-007, 2018.

COSTA, M. R.; CHIBEBA, A. M.; MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M. Polyphasic characterization of rhizobia microsymbionts of common bean [*Phaseolus vulgaris* (L.)] isolated in Mato Grosso do Sul, a hotspot of Brazilian biodiversity. **Symbiosis**, v. 76, n. 2, p. 163-176, 2018.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Poço das Trincheiras, estado de Alagoas**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 20 p.

FLORES, R. A.; SILVA, R. G. D.; CUNHA, P. P. D.; DAMIN, V.; ABDALA, K. D. O.; ARRUDA, E. M. et al. Economic viability of *Phaseolus vulgaris* (BRS Estilo) production in irrigated system in a function of application of leaf boron. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science**, v. 67, n. 8, p. 697-704, 2017.

GUEDES, P. O. A. S.; BIESDORF, E. M.; SANTOS, G. R.; BIESDORF, M. E.; ANDRADE, A. Beans Genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) of the Black Group in the Cerrado Environment, Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 16, n. 6, p. 1-10, 2017.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M. ; OLIVEIRA JUNIOR, G. J.. Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Infográficos**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/poco-das-trincheiras>. Acesso em 10 de março de 2020.

KAN, L.; NIE, S.; HU, J.; WANG, S.; CUI, S. W.; LI, Y. et al. Nutrients, phytochemicals and antioxidant activities of 26 kidney bean cultivars. **Food and Chemical Toxicology**, v. 108, p. 467-477, 2017.

KONZEN, E. R.; RECCHIA, G. H.; CASSIERI, F.; CALDAS, D. G. G.; TERAN, B. M.; JORGE, C. ET al. DREB Genes from Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Show Broad to Specific Abiotic Stress Responses and Distinct Levels of Nucleotide Diversity. **International Journal of Genomics**, v. 2019, e9520642, 2019.

LOS, F. G. B.; DEMIATE, I. M.; PRESTES-DORNELLES, R. C.; LAMSAL, B. Enzymatic hydrolysis of Carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein as an alternative to commercially rejected grains. **LWT**, v. 125, e109191, 2020.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanalise**, v. 3, p. 49-54, 2016.

MERCANTE, F. M.; OTSUBO, A. A.; BRITO, O. R. New native Rhizobia strains for inoculation of common bean in the Brazilian Savanna. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, e09, 2017.

PATRÍCIO, M. C. Ma.; ARAÚJO, S. M. S. Indicadores socioambientais dos municípios de Cabaceiras e Barra de São Miguel-PB-Brasil: fragilidades e vulnerabilidades à Seca e à Desertificação. **Revista ESPACIOS**, v. 37, n. 24, e4, 2016.

FIGIRS - **Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. Região da Bacia Leiteira. Maceió: SEMARH, 2016. 58 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R Foundation For Statistical Computing. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Viena, Áustria. 2006. ISBN: 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em 10 de março de 2020.

REINALDO, E. D. F.; SILVA, M. R. F.; NARDOTO, G. B.; GARAVELLO, M. E. D. P. E. Mudanças de hábitos alimentares em comunidades rurais do semiárido da região nordeste do Brasil. **Interciencia**, v. 40, n. 5, p. 330-336, 2015.

ROSSATO, L.; ALVALÁ, R. C.; MARENGO, J. A.; ZERI, M.; CUNHA, A. P.; PIRES, L.; BARBOSA, H. A. Impact of soil moisture on crop yields over Brazilian semiarid. **Frontiers in Environmental Science**, v. 5, n. 73, p. 1-16, 2017.

ROSSI, G. B.; VALENTIM-NETO, P. A.; BLANK, M.; FARIA, J. C. D.; ARISI, A. C. M. Comparison of grain proteome profiles of four Brazilian common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 65, n. 34, p. 7588-7597, 2017.

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção Agrícola Municipal**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em 09 de março de 2020.

ZERI, M.; ALVALÁ, R. C. S.; CARNEIRO, R.; CUNHA-ZERI, G.; COSTA, J. M.; URBANO, D.; MARENGO, J. Monitoring of soil moisture for drought risk assessment over the Brazilian semiarid region. **Geophysical Research Abstracts**, v. 21, e1, 2019.

DIVERSIDADE E ESTRUTURA DO COMPONENTE ARBÓREO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS DE DIFERENTES IDADES NO MUNICÍPIO DE TANQUE D'ARCA, AL, BRASIL

*Débora dos Santos Farias¹, Mikael Oliveira da Silva¹, Mariana da Silva Leal¹,
Sthefanny Carolina da Silva Lóz¹, Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto², Carlos
Frederico Lins e Silva Brandão²*

¹Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Centro de Ciências Agrárias - CECA, Rio Largo, AL, e-mail:
deborahfarias1@outlook.com

² Professores do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Centro de
Ciências Agrárias - CECA, Rio Largo, AL

RESUMO

Objetivou-se analisar através de estudos fitossociológicos, a estrutura do componente arbóreo adulto em um trecho de floresta atlântica, na RPPN Santa fé, localizada no município de Tanque D'arca, Alagoas, que tem uma área de 17,61 ha. Foram realizadas análises e comparações de duas regiões da mesma área, sendo uma com indivíduos presentes em uma área mais jovem e outra com indivíduos presentes há mais tempo no local. Foram alocadas 30 parcelas em cada área, totalizando 60 parcelas, os indivíduos com circunferência à altura do peito, maior que 15 cm e altura acima de 1,5 m foram mensurados e marcados com placas de alumínio enumeradas. Para os cálculos foram utilizados os índices de Simpson e Shannon, analisados no Excel. Tais índices indicaram grande semelhança da diversidade em ambas regiões, seus indicativos de diâmetro e altura, demonstrando assim um parâmetro conciso na região.

PALAVRAS-CHAVE: Fitossociologia, Tropical, Ecossistema.

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica tem uma variedade de formações, e abrange um diversificado conjunto de ecossistemas florestais com estruturas e composições florísticas bastantes diferenciadas, acompanhando as características climáticas e geográficas.

Mesmo com grande parte de sua área original já devastada, a mata atlântica ainda compõe de significativa parcela diversidade biológica do Brasil (MITTERMEIER, 2004).

Através de processos de devastação e exploração, atualmente restam aproximadamente 7% do território original da mata atlântica. Um dos maiores obstáculos a serem superados é a conservação da biodiversidade, isso em função do elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais existentes no Brasil (CHAVES et al., 2013; BOSA et al., 2015). Como forma de coibir essas perturbações, faz-se necessário, tratar da recuperação e preservação de sua cobertura florestal, além de examinar sua estrutura e funcionamento, considerando a imensa biodiversidade (HENCKER et al., 2012).

Uma das formas de analisar e conhecer o funcionamento de um ecossistema é por meio do estudo da composição florística e estrutural do componente arbóreo (OLIVEIRA et al., 2009). Estudos sobre a composição florística e a estrutura fitossociológica das formações florestais são de fundamental importância, pois oferecem subsídios para a compreensão da estrutura e da dinâmica destas formações, parâmetros fundamentais para o manejo e regeneração das diferentes comunidades vegetais.

Para maior entendimento do funcionamento desse ecossistema, faz-se necessário estudos sobre a sucessão ecológica e da dispersão de sementes. O entendimento desses dois componentes em um fragmento de floresta tropical é necessário para compreender como as comunidades biológicas estão se regenerando e sobrevivendo em uma paisagem cada vez mais fragmentada (PRATA, 2007), é passo fundamental para a compreensão da estrutura da comunidade (ROZENDAAL et al., 2010).

Dessa forma, objetivou-se analisar os parâmetros fitossociológicos e a diversidade entre as duas áreas com diferentes estágios sucessionais, na RPPN Santa Fé, localizada no município de Tanque D'arca no estado de Alagoas

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na RPPN Santa Fé, com área de 17,61 ha. A área está incluída em região de Floresta Estacional Decidual, ocorrida em trechos de transição, onde podem ser encontrados elementos de Floresta Ómbrofila, que são mais comuns em área úmida (OLIVEIRA et al., 2014). Tratando-se de vegetação a área está situada na Floresta Atlântica de sua vegetação remanescente bastante modificada por ação humana.

Em relação ao fator clima/tempo, a área de estudo tem clima do tipo Tropical Chuvoso, com verão seco e estação chuvosa que se inicia em janeiro/fevereiro e término em setembro, podendo alongar-se até meados de outubro.

A coleta de dados foi realizada semanalmente durante o período de um ano. Foram realizadas análises e comparações de duas regiões da mesma área, sendo uma com indivíduos presentes em uma área mais jovem e outra com indivíduos presentes há mais tempo no local. Foram alocadas 60 parcelas, sendo: 30 parcelas permanentes contínuas com áreas de 10 x 10 m com 10 m de distância entre cada uma delas no

fragmento com regeneração recente e 30 parcelas de mesmas medidas com regeneração no estágio avançado. Foram analisados indivíduos arbóreos com diâmetro acima do peito (DAP) > 5 cm, medido a 1,30 m do solo. Cada um dos indivíduos foi identificado com plaqueta de alumínio com numeração sequenciada e mensurados a circunferência e estimada altura total com auxílio de uma régua marcada a cada 50 cm.

Todas as espécies amostradas foram identificadas com auxílio de especialistas e por comparações com coleções depositadas e registradas no Herbário do Centro de Ciências Agrárias.

Os cálculos que foram realizados para a fitossociologia do componente arbóreo são parâmetros como densidade, densidade relativa, dominância, dominância relativa, frequência, frequência relativa e valor de importância (VI), que significa a soma dos valores relativos dos três parâmetros anteriores (dominância, densidade e frequência). Além da fitossociologia também foi realizada a distribuição dos indivíduos por centro de classe de altura e diâmetro.

O índice de Simpson (D) é um parâmetro bastante utilizado em estudos fisiológicos para determinar a diversidade de certa região, a partir de D, dado pela Eq. 1:

$$D = \sum (n/N)^2 \quad (1)$$

Em que:

n- número de indivíduos de cada espécie e N-o total do todos os indivíduos em cada região.

Para a comparação da estrutura entre os dois fragmentos de idades diferentes, foram calculados o índice de Simpson (D) e o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'). Foi utilizado o Excel para a análise dos cálculos dos parâmetros fitossociológicos e índice de diversidade de Shannon e Simpson,

Quanto as médias de densidade, área basal, diâmetro, altura e número de perfilhos por parcela de todas as áreas, foram comparadas pelo test t, simples e por grupo, com nível de significância $p < 0,05$. A análise estatística foi realizada pela ANOVA. Todas as análises estatísticas foram realizadas através do programa Excel.

Os dados de densidade, área basal, diâmetro, altura e número de perfilhos de todas as áreas, foram comparadas pelo teste t, simples e por grupo, ao nível de significância $p < 0,05$, com o auxílio do programa EXCEL.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas 60 parcelas amostradas, considerando as duas áreas, foram encontrados 1451 indivíduos, 53 espécies arbóreas, pertencentes a 26 famílias botânicas e 52 gêneros.

Quanto a riqueza de espécie, as famílias que destacaram-se foram Fabaceae com 13 espécies, Anacardiaceae com 5 espécies, Bignoneaceae 4 espécies, Myrtaceae com 3 espécies e Malvaceae, Moraceae, Sapindaceae, Salinaceae e Nyctagnaceae com 2 espécies cada uma. Dezesesseis famílias foram representadas por uma única espécie.

A família Fabaceae integra-se em uma das três famílias mais representativas da flora de angiospermas na Floresta Atlântica, principalmente por ter como característica sua vasta dispersão, além do seu importante papel ecológico, salientando assim sua importância e seu necessário conhecimento já que as espécies desta família se diferenciam entre as diferentes tipologias florestais, quanto à ocorrência e abundância, sendo muito importante na função de fixação de nitrogênio da atmosfera e do solo,

quando em associação com bactérias do gênero *Rhizobium* (GUSSON et al., 2008; MALCZEWSKI et al., 2014).

Os gêneros amostrados mais comuns foram: *Cupania* com 365 indivíduos, *Randia* com 116 e *Machaerium* com 108 indivíduos que somados representaram 40,45% de todas as espécies amostradas. Considerando as localidades isoladamente as espécies: *Cupania*, *Randia* e *Machaerium* foram responsáveis por cerca de 36,3% das espécies amostradas na área com regeneração no estágio avançado, e 4% na área com regeneração recente.

Em relação ao valor de importância (VI), na área mais recente (Tabela 1), as cinco espécies de maior VI, em ordem decrescente, foram: *Casearia guianensis* (Aubl.) Urb., *Coccoloba mollis* Casar., *Cupania oblongifolia* Mart., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Machaerium hirtum* (Vell.) Stellfeld. A espécie de maior valor de importância (VI) da área de estudo, *Machaerium hirtum* (Vell.) Stellfeld, apresentou maior dominância, maior densidade e a maior frequência.

Tabela 1. Descritores fitossociológicos das espécies amostradas na área com estágio sucessional mais recente, RPPN Santa Fé, Tanque D'arca, Alagoas.

Espécie	NI	FrR%.	DeR%	DoR%	VI
<i>Casearia guianensis</i> (Aubl.) Urb.	98	7,650	15,690	9,833	7,883
<i>Coccoloba mollis</i> Casar.	83	3,825	9,263	7,536	4,651
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	50	7,650	9,452	7,622	4,764
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	49	9,836	9,074	9,049	4,586
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellfeld	48	10,383	18,526	18,675	9,315

NI=número de indivíduos; Do%=dominância relativa; D%=densidade relativa; Fr%=frequência relativa; e IVI=índice de valor de importância.

A espécie de maior valor de importância (VI) da área mais antiga (Tabela 2), foi a *Cupania oblongifolia* Mart e apresentou maior dominância, maior densidade e a maior frequência.

De acordo com os resultados, a espécie *Cupania oblongifolia* Casar é encontrada com certa abundância na região em ambas as áreas e com destaque ainda maior na área mais antiga.

Tabela 2. Descritores fitossociológicos das espécies amostradas na área com estágio sucessional avançado, RPPN Santa Fé, Tanque D'arca, Alagoas.

Espécie	NI	FrR%	DeR%	DoR%	VI
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	315	9,8859	34,2020	26,4294	17,1504
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	116	7,2243	12,5950	9,6631	6,3336
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	80	7,9848	8,6862	11,4505	4,3830
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record	45	6,8441	4,8860	4,9977	2,4772
<i>Byrsonima sericea</i> DC.	29	5,7034	3,1488	4,6890	1,6029

NI=número de indivíduos; Do%=dominância relativa; D%=densidade relativa; Fr%=frequência relativa; e IVI=índice de valor de importância.

Em relação as classes de altura e diâmetro (Tabela 3), respectivamente, foram divididas 11 classes com razão de 2 m para as classes de altura e nas classes de diâmetro foram 11 classes para a área mais recente (com razão de 5 cm) e 10 para a área mais antiga (com razão de 4 cm). Foi observado semelhança entre ambas as áreas em relação à altura dos indivíduos, com destaque para indivíduos que medem entre 5 e 13 metros,

indicando que as regiões possuem indivíduos geralmente de médio porte. Na área mais recente foi observada maior frequência de indivíduos que medem entre 7,1 a 10,9 m, resultado encontrado também na área antiga, porém, pode ser observado também, um grande número de indivíduos entre 5,1 a 7,0 m e de 11,0 a 12,9 m.

Nas classes de diâmetro percebe-se um grande domínio de indivíduos que possuem diâmetro entre 4 e 8 cm nas duas áreas, enquanto uma certa quantidade de indivíduos de médio a grande diâmetro manteve-se apenas na região mais antiga, entre 8,1 e 12,0 cm, indicando um certo parâmetro de indivíduos mais desenvolvidos.

Os índices de altura mostraram-se em torno de 87,6% entre os valores de 3,0 a 13,0 m na área mais recente, e de 88,7% para os mesmos valores na área mais antiga, indicando uma grande semelhança entre a altura dos indivíduos em ambas as áreas com diferentes estágios na região.

Essa distribuição aponta para uma comunidade jovem/madura ainda em desenvolvimento que pode estar relacionado com antigo uso para pastagens e outras atividades antrópicas e ainda pela incidência de queimadas na área.

Segundo Nappo et al. (2005), essa forma de distribuição diamétrica indica que novos indivíduos estão se estabelecendo na área, e este fato pode estar relacionado às condições específicas de regeneração, como abertura natural ou antrópica de clareiras e um consequente aumento de luminosidade, características típicas de florestas secundárias.

Tabela 3. Categorias de classes de altura e diâmetro comparadas das áreas mais recente e antiga da RPPN Santa Fé, Tanque D'arca, Alagoas, além de frequência e seus valores percentuais.

Classes	Área mais recente		Área mais antiga	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
até 1,0 m	0	0	0	0
de 1,1 a 3,0 m	5	0,911	12	1,217
de 3,1 a 5,0 m	54	9,836	42	4,260
de 5,1 a 7,0 m	115	20,947	206	20,892
de 7,1 a 10,9 m	201	36,612	376	38,134
de 11,0 a 12,9 m	111	20,219	251	25,456
de 13,0 a 14,9 m	39	7,104	61	6,187
de 15,0 a 16,9 m	14	2,550	28	2,840
de 17,0 a 18,9 m	7	1,275	5	0,507
de 19,0 a 20,9 m	2	0,364	2	0,203
acima de 21,0 m	1	0,182	3	0,304

Classes	Área mais recente		Classes	Área mais antiga	
	Frequência	Percentual		Frequência	Percentual
até 1,0 cm	0	0	até 1,0 cm	0	0
de 1,1 a 4,0 cm	39	13,31	de 1,1 a 4,0 cm	57	5,781
de 4,1 a 8,0 cm	170	58,02	de 4,1 a 8,0 cm	494	50,101
de 8,1 a 12,0 cm	62	21,16	de 8,1 a 12,0 cm	260	26,369
de 12,1 a 16 cm	15	5,12	de 12,1 a 16 cm	97	9,838
de 16,1 a 20,0 cm	0	0	de 16,1 a 20,0 cm	41	4,158
de 20,1 a 24,0 cm	2	0,68	de 20,1 a 24,0 cm	21	2,130
de 24,1 a 28,0 cm	3	1,02	de 24,1 a 28,0 cm	9	0,913
de 28,1 a 32,0 cm	1	0,34	de 28,1 a 32,0 cm	5	0,507
acima de 32,0 cm	1	0,34	acima de 32,0 cm	2	0,203

Quanto ao índice de diversidade, foi encontrada uma grande diversidade em ambas as regiões de acordo com os valores de Simpson (1-D), que mede valores próximos de 1, com leves traços de diversidade maiores na área mais recente, ambas as regiões demonstram alto índice de diversidade e semelhança de acordo com este índice.

Já os valores para o índice de Shannon (H') da área recente e da antiga foram de 1,191 e 1,139 nats/ind (Tabela 5), respectivamente, indicando semelhança entre a diversidade das duas áreas.

4. CONCLUSÕES

O trecho RPPN Santa Fé, tem grande índice de diversidade em ambas as áreas de acordo com os valores de Simpson (1-D), parâmetro bastante utilizado em estudos fisiológicos para determinar a diversidade de determinadas regiões.

Apesar de diferenças estruturais dos indivíduos, os fatores estruturais de diâmetro e altura foram superiores na área mais antiga, que sofreu leves influências, ou seja, a diversidade foi pouco afetada pela estrutura nas duas áreas.

Quanto a estrutura, ambas as áreas têm maior quantidade de indivíduos finos e com alturas inferiores a 20 metros, tratando-se de uma área jovem em processo de desenvolvimento.

É importante destacar que fragmentos de Mata Atlântica estudados tem baixo compartilhamento de espécies.

5. REFERÊNCIAS

BOSA, D. M.; PACHECO, D.; PASETTO, M. R.; SANTOS, B. et al. Florística e estrutura do componente arbóreo de uma floresta ombrófila densa montana em Santa Catarina, Brasil. **Revista Árvore**, v.39, n.1, p.49-58, 2015.

CAMPOS, M. C. R.; TAMASHIRO, J. Y.; ASSIS, M. A.; JOLY, C. A. Florística e fitossociologia do componente arbóreo da transição Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas - Floresta Ombrófila Densa Submontana do Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba, sudeste do Brasil. **Biota Neotrop**. vol.11, n.2, p.301-311, 2011.

CHAVES, A. D. C. G.; SANTOS, R. M. S.; SANTOS, J. O.; FERNANDES, A. A.; MARACAJA, P. B. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.9, p.43-48, 2013.

CHAZDON, R. L. Regeneração de florestas tropicais. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. **Ciências Naturais**, v.7, p. 95-218, 2012.

HENCKER, C.; ASSIS, A. M.; LIRIO, E. J. Fitossociologia de um trecho de floresta estacional semidecidual no município de Itarana (ES). **Natureza on line**, v.10, n.3, p. 153-159, 2012.

GUSSON, A. E. et al. A Família Fabaceae nas Florestas Estacionais Semidecíduais do Triângulo Mineiro. IX Simpósio Nacional Cerrado. Brasília, DF, v.9, 2008. Disponível em:<[http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio%20em%20pc210%20\(Pc210\)/fichas/00203_tr_ab1_ficha.pdf](http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio%20em%20pc210%20(Pc210)/fichas/00203_tr_ab1_ficha.pdf)>. Acesso em: 15 de mar. de 2020.

LETCHER, S. G.; CHAZDON, R. L. Rapid recovery of biomass, species richness, and species composition in a forest chronosequence in northeastern Costa Rica. **Biotropica**, v. 41, n.5, p.608-617, 2009.

MALCZEWSKI, F. L.; FRITSCH, M.; POVALUK, M. Ocorrência de Fabaceae–Mimosoidea em APPs da faixa de domínio da rodovia BR-116, trecho Curitiba, PR a Capão Alto, SC. **Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar**, v.3, n.2, p.102-117, 2014.

MITTERMEIER, R. A., GIL, P. R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, J.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOURUX, J.; FONSEC, G. A. B. Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. Cemex. 2004

MORENO, M. R.; NASCIMENTO, M. T.; KURTZ, B. C. **Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na mata atlântica de encosta da região do Imbé**, RJ. 2002. 16 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

NAPPO, M. E.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V.; JÚNIOR, P. M.; SOUZA, A. L.; FILHO, A. T. O. Dinâmica da estrutura diamétrica da regeneração natural de espécies arbóreas e arbustivas no sub-bosque de povoamento puro de *Mimosa scabrella* Benth, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, v.29, p. 35-46. 2005.

OLIVEIRA, A. N. S.; AMORIM, C. M. F.; LEMOS, R. P. L.; As riquezas das áreas protegidas do território alagoano. Instituto do Meio Ambiente: Maceió, 2014, 329p.

PRATA, S. S. **Sucessão ecológica da vegetação arbórea em florestas secundárias do nordeste do estado do Pará**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2007. Disponível em: <<http://marte.museu-goeldi.br/zoologia/turma2005/dissertacaoShirley.pdf>>. Acesso em: 15 de mar. de 2020.

ROZENDAAL, D.M.A., BRIENEN, R.J.W., SOLIZ-GAMBOA, C.C., ZUIDEMA, P.A. Tropical tree rings reveal preferential survival of fast-growing juvenile and increased juvenile growth rates over time. **New Phytology**, v.185, p.759–769, 2010.

SANTOS, R. M.; VIEIRA, F. A. Análise estrutural do componente arbóreo de três áreas de Cerrado em diferentes estádios de conservação no Município de Três Marias, Minas Gerais, Brasil. **Revista Cerne**, v.11, n.4, p.399-408, 2005.

WHITMORE, T. C.; BURSLEM, D. F. R. P. Major disturbances in tropical rainforests. In: D. NEWBERY, M.; PRINS, H. H. T.; N. D. BROWN (Eds.): Dynamics of tropical communities. **Blackwell Science Ltd**. p. 549-565, 1998.

FAUNA EDÁFICA COMO INDICADORA DE QUALIDADE AMBIENTAL

Leila Caroline Salustiano Silva¹

¹Geógrafa e Mestra em Geografia, Universidade Federal de Alagoas

RESUMO

A comunidade de invertebrados do solo desempenham importantes funções no processo de degradação dos detritos vegetais nos ecossistemas, cujos grupos apresentam hábitos, organização e características próprias que auxiliam na manutenção e estabilidade dos ambientes. É dividida em macrofauna, mesofauna e microfauna de acordo com seu tamanho corporal, que incluem grande variedade de formas biológicas distintas, de diferentes ordens. Esses organismos encontram-se nas camadas superficiais do solo, nas profundidades entre 0-5 e 5-10 cm, entre a serapilheira e o solo, onde a macroporosidade é maior, possibilitando as condições ideais para a sua sobrevivência e melhor disponibilidade de alimento, essa também é a camada do solo mais afetada pelas práticas de manejo, como o preparo do solo, adubação e resíduos orgânicos. O uso de diferentes coberturas vegetais e de práticas culturais atuam diretamente sobre a população da fauna do solo sendo considerada eficiente na avaliação de sistemas de produção.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiversidade do solo, Macrofauna, Mesofauna.

1. FAUNA EDÁFICA

A fauna edáfica é compreendida por milhões de animais invertebrados que vivem no solo ou que passam uma ou mais fases ativas nele e está distribuída em diferentes habitats, com variados hábitos alimentares, sendo capazes de responder rapidamente às alterações ambientais (BATISTA et al., 2014; BERUDE et al., 2015).

Nos ecossistemas florestais os resíduos orgânicos de origem vegetal ou animal que se acumulam na superfície do solo são degradados pelos organismos edáficos (SILVA et al., 2014). Alves et al. (2014) e Melo et al. (2009), afirmam que a macrofauna, e a mesofauna, desenvolvem funções detritívoras e predatórias nas teias tróficas da serapilheira e do interior do solo, associadas a diversos processos como ciclagem de nutrientes, revolvimento do solo, incorporação de matéria orgânica e controle biológico de pragas.

A maior parte desses organismos encontra-se nas camadas superficiais orgânicas do solo, nas profundidades entre 0-5 e 5-10 cm, entre a serapilheira e o solo, onde a macroporosidade é maior, possibilitando as condições ideais para a sua sobrevivência e melhor disponibilidade de alimento, essa também é a camada do solo mais afetada pelas práticas de manejo, como o preparo do solo, adubação e resíduos orgânicos (BARETTA et al., 2006).

Para Ludwig et al. (2012) o monitoramento da diversidade dos grupos da fauna edáfica permite compreender a funcionalidade e a complexidade ecológica destas comunidades, como as modificações do clima e manejo do solo e como essas mudanças exercem influência direta e indireta sobre os organismos, podendo diminuir ou aumentar o número e a diversidade dos mesmos.

Para Fernandes et al. (2015) a fauna edáfica apresenta uma complexidade nos diferentes grupos taxonômicos e funcionais diretamente relacionados ao tipo de ambiente. Esse habitat apresenta uma grande variedade de organismos que são responsáveis por inúmeras funções e apresentam grande variedade de tamanho, forma e metabolismo (OLIVEIRA; SOUTO, 2011).

Dentre as diversas maneiras de classificar a biota do solo, o tamanho corporal geralmente é o critério principal, mas os aspectos da mobilidade, hábito alimentar e função que desempenham no solo também são considerados. As classificações mais utilizadas envolvem a separação dos animais segundo o diâmetro do corpo ou comprimento (MORAIS et al., 2013). É dividida em macrofauna, mesofauna e microfauna de acordo com seu tamanho corporal, que incluem grande variedade de formas biológicas distintas, de diferentes ordens (HOFFMANN et al., 2009; MANHÃES, 2011; FORMIGA, 2014). Santos et al. (2015) mencionam que a microfauna possui (<0,2mm), a mesofauna de (0,2 a 2,0mm) e a macrofauna (>2,0 mm), além do diâmetro outro critério importante para avaliar a qualidade ambiental do solo é por meio da função ecológica desses organismos que se dividem em detritiva, predatória e revolvedores de solo.

Pereira et al. (2012) afirmam que o solo é o habitat de um grande número de organismos que estão em constante interação e que desempenham atividades que determinam, em grande parte, as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Esses organismos agem na decomposição dos resíduos orgânicos e contribuem para o ciclo de nutrientes no sistema solo, tendo suas populações reguladas, por fatores do

ambiente e esses nutrientes também são essenciais para o crescimento e incremento da biomassa das espécies florestais (SANTANA et al., 2010; BOSCARDIN; SCHUMACHER, 2011; ALMEIDA et al., 2013). Também desempenham um importante papel na aeração e permeabilidade do solo, através de galerias construídas, facilitando a penetração das raízes (SILVA et al., 2011).

Para Nunes (2010) o aumento do número de indivíduos, diversidade e uniformidade de espécies da comunidade da fauna do solo ocorrem pela disponibilidade de condições ambientais que favorecem a reprodução dos invertebrados como a melhoria das deposições de resíduos vegetais.

2. MACROFAUNA EDÁFICA

No Brasil estudos ecológicos sobre a distribuição da fauna edáfica associada ao ecossistema Caatinga em áreas de Brejos de Altitude para macrofauna, ainda são reduzidos, levando em conta a variabilidade temporal e espacial das condições edafoclimáticas e manejo do solo (ARAUJO et al., 2009). Pasqualin et al. (2012) reforçam a importância da macrofauna edáfica para o equilíbrio e funcionamento dos ecossistemas, notadamente na região Semiárida do Nordeste Brasileiro.

A macrofauna invertebrada do solo compreende grupos de organismos que habitam a interface solo-serapilheira promovendo serviços ecológicos ao ecossistema (PINHEIRO et al., 2014). Esses componentes criam estruturas específicas que permitem sua movimentação no solo pelo seu hábito de escavar, o que promove a formação de buracos, galerias e ninhos, além da deposição de coprólitos, que tem efeito sobre a estrutura e fertilidade do solo (BARETTA et al., 2011).

Os organismos da macrofauna destacam-se por modificar o ambiente físico e químico onde vivem, influenciando na porosidade e na textura do solo mediante formação de túneis, ingestão e transporte de solo e pela construção de galerias, ciclagem de nutrientes, através do transporte, fragmentação e digestão da matéria orgânica e no controle biológico, como predadores (MELO et al., 2009; SILVA; AMARAL, 2013).

A macrofauna vem sendo considerada como bioindicador em razão de ser sensível aos impactos dos diferentes tipos de sistema de produção (BATISTA et al., 2014). Os organismos encontram-se presentes na superfície do solo e possuem papel fundamental no equilíbrio do ecossistema no qual estão inseridos (FIDELIS et al., 2015), nos processos ecossistêmicos, atuando na ciclagem de nutrientes e regulação indireta dos processos biológicos do solo, estabelecendo interações em diferentes níveis com os micro-organismos, trazendo a melhoria das propriedades químicas e físicas do solo (OLIVEIRA, 2012 ; MARQUES et al., 2014).

Lima et al. (2010) afirmam que os sistemas de manejo e de preparo do solo afetam a estrutura dos grupos taxonômicos dominantes da macrofauna edáfica, assim como outros fatores como temperatura, umidade, quantidade de matéria orgânica, além dos fatores físicos e químicos do solo (CAO et al., 2011), sendo imprescindível a manutenção da cobertura vegetal na superfície do solo, que impede a perda da diversidade da macrofauna edáfica, favorecendo a atividade desses organismos no solo (SANTOS et al., 2008).

A macrofauna compreende os grupos de organismos que são facilmente visíveis a olho nu (RAMBO, 2010) possuem tamanho corporal > 2,0 mm e são representados

por mais de 20 grupos taxonômicos, dentre eles estão Isoptera (cupim), Hymenoptera (formiga, vespa e abelha), Coleoptera (besouro, broca), Isopoda (tatuzinho), Araneae (aranha), Chilopoda (centopeia), Diplopoda (piolho de cobra), Diptera (mosca), Blattaria (barata), Dermaptera (tesourinha), Orthoptera (grilos), Scorpionida (escorpião), Hemiptera (percevejo e cigarra), Lepidoptera (borboleta, mariposa), dentre outros (CORREIA; ANDRADE, 2008).

No Brasil já são conhecidas cerca de 10 mil espécies e estima-se que atinja cerca de 60.000 quando a fauna estiver plenamente conhecida (MELO et al., 2012). A ordem Hymenoptera (formigas, abelhas e vespas) é o mais abundante em estudos realizados em todos os biomas brasileiro, além de serem observados em ambientes sob perturbação antrópica. Pelo fato de possuírem grande resistência as variações microclimáticas (DANTAS et al., 2009).

A ordem Coleoptera é abundante na maioria dos solos do Brasil (PORTILHO et al. 2011), amplamente distribuídos e adaptáveis as várias regiões, incluindo as Áridas e Semiáridas. Esses insetos desempenham papel importante nos ecossistemas onde são encontrados, atuando em diversos processos biológicos fundamentais para o funcionamento desses ecossistemas, incluindo decomposição de matéria orgânica, manutenção da estrutura do solo, transferência de pólen entre plantas, dispersão de sementes, dentre outros (MAGALHÃES et al., 2015).

A ordem Araneae está presente em quase todos os ecossistemas terrestres e sua abundância e diversidade está relacionada positivamente à complexidade estrutural do ambiente, em sua maioria possuem hábito noturno e grande adaptabilidade (BARETTA et al., 2011). São consideradas predadoras generalistas, contribuindo no controle de populações de insetos (TRÍVIA; CHAGAS JUNIOR, 2011). A grande quantidade de folhas pode conferir uma heterogeneidade maior no microhabitat da serapilheira, promovendo um ambiente seguro para este grupo no período seco, principalmente por evitar a perda de água, que constitui um dos principais problemas ecológicos dos artrópodes (VARJÃO et al., 2010).

A ordem Isoptera é formado pelos cupins que é considerado um inseto social (FREIRE et al., 2015) por viverem em grupo e ninhos. São herbívoros e alimentam-se unicamente de celulose e por isso atuam na trituração, humificação, decomposição e mineralização de materiais celulósicos vivos ou mortos, como madeiras, gramíneas e plantas herbáceas (FREYMAN et al., 2010), são altamente afetados pelo desmatamento, mesmo conseguindo se adaptar a outros ambientes como áreas de pastos.

A classe Diplopoda (Embuás e piolhos de cobra) corresponde ao terceiro maior grupo de artrópodes terrestres, seguindo dos filos Insecta e Arachnida (BASTITELLA et al., 2015). Alimentam-se de restos de matéria orgânica e carcaças de animais mortos, desempenhando um importante papel na decomposição e ciclagem de nutrientes (GALLO; BICHUETTE, 2015). De acordo com Pinheiro et al. (2011) muitas espécies de Diplopoda possuem faixas restritas de ocorrência, o que os torna susceptíveis aos impactos ambientais, por apresentarem sensibilidade às variações do ambiente.

A ordem Isopoda (tatuzinho) é encontrado em diversos ambientes, principalmente naqueles com elevada umidade, apresentam alta sensibilidade a ambientes secos, por apresentar elevada perda de água, sendo capazes de se adaptar a ambientes pouco propícios, apresentam hábitos noturnos (BARETTA et al., 2011) e se alimentam basicamente de matéria vegetal (UHLIG, 2005).

A classe Chilopoda (centopeia e lacraia) pode ser reconhecido como indicador de qualidade do solo, esses organismos vivem em ambientes escuros e úmidos, se abrigam entre folhas e galerias no solo, são predadores e se alimentam de outros organismos como Collembola (CIPOLA; ZEQUI, 2010).

3. MESOFAUNA EDÁFICA

A mesofauna do solo é constituída por organismos que se movimentam nas fissuras, poros e na interface do solo, se alimentam da matéria orgânica, de animais menores, nematóides e alguns micro-organismos, e principalmente da microfauna, também desenvolvem funções detritívoras e predatórias nas teias tróficas de resíduos da serapilheira e do interior do solo, que estão associadas aos processos de ciclagem de nutrientes, revolvimento do solo e na incorporação de matéria orgânica, além de atuarem no controle biológico de pragas do solo (MELO et al., 2009).

Para Dionísio et al. (2016) esses organismos tem um maior número de grupos encontrados na camada de 0 a 5 cm de profundidade, possuem hábito gregário e sua distribuição no solo é heterogênea, concentrando-se próximo a superfície do solo e é dependente de diversos fatores como pH, umidade, temperatura do solo, textura, porosidade, matéria orgânica, cobertura vegetal, clima, região geográfica, eventos naturais e interferência antrópica.

Rocha (2013) menciona que esses organismos são facilmente encontrados em ambientes ricos em matéria orgânica, oriunda de cobertura vegetal nativa ou de plantações, escondidos entre musgos, associados a fungos, na superfície de folhas caídas ou na borda de folhas vivas. Araujo et al. (2013) enfatizam que como a mesofauna depende da matéria orgânica do solo e de porosidade adequada, a desestruturação física do ambiente pode contribuir para redução das populações desses organismos, restando somente algumas espécies que suportam condições desfavoráveis e estes, têm sua proliferação garantida pela falta de inimigos naturais ideais para a sua sobrevivência e melhor disponibilidade de alimentação (ARAUJO, 2010).

Oliveira e Souto (2011) afirmam que as atividades promovidas pela mesofauna edáfica facilitam os processos e as propriedades do solo, produção de pelotas fecais, criação de bioporos, humificação, sendo algumas das vantagens promovidas ao sistema solo/planta.

A mesofauna é composta por organismos com comprimento de 0,2 e 2,0 mm pertencentes aos grupos Acarina (Ácaro), Collembola (Colembôlo), Diplura (Dipluro), Protura (Proturo) e Symphyla (Sinfílo), dentre outros (BARROS et al., 2010 ; MORAIS et al., 2013; SILVA; AMARAL, 2013).

As ordens Acarina e Collembola constituem a maior parte da mesofauna edáfica são importantes fonte de alimento para Araneae e Coleoptera (BARETTA et al., 2011; ANTONIOLLI et al., 2013).

De acordo com Melo et al. (2009) as ordens Acarina e Collembola são as mais numerosas, constituindo 97% da população total de artrópodes da fauna do solo e geralmente dominam em abundância e diversidade. O grupo Acarina é muito diverso, com mais de 1.000 espécies e o grupo Collembola ainda não é amplamente conhecido, contando com pouco mais de 270 espécies registradas, sendo necessárias mais pesquisas

para apresentar o real status da biodiversidade pertencente a este grupo (ABRANTES, 2010; ROCHA et al., 2011).

A mesofauna apresenta uma grande variedade de funções no solo, principalmente devido a seus hábitos alimentares. Os saprófagos alimentam-se diretamente do material em decomposição, fragmentando-os, seu hábito alimentar libera nutrientes em forma disponível às plantas. Já os micrófagos são geralmente microartrópodes responsáveis pela regulação da população microbiana, pois se alimentam de micro-organismos (MANHÃES; FRANCELINO, 2012) isso pode ser bem representado por Collembola e Acarina que têm um papel importante na regulação da população de fungos (MARION, 2011), além de participar ativamente do processo de decomposição dos resíduos orgânicos da serapilheira (PAULA et al., 2013).

Kunde et al. (2014) afirmam que a avaliação das populações dos grupos Acarina e Collembola têm recebido grande atenção em relação ao seu uso como indicadores biológicos da qualidade do solo, devido às importantes funções desempenhadas por estes organismos no sistema solo, já que influenciam diretamente na sua fertilidade, estimulando a atividade microbiana, inibindo fungos e bactérias causadores de doenças e a diversidade desses grupos edáficos está relacionada com o tipo de solo e com suas características físicas e químicas. De modo que, quaisquer alterações destes atributos podem ser observadas por meio de análises da diversidade da fauna, sendo este um bom indicador (RIEFF et al., 2010; PEREIRA et al., 2012).

As populações de Acarina variam de acordo com diversos fatores, como matéria orgânica, cobertura do solo, espécies vegetais cultivadas, microclima, dentre outros (SILVA et al., 2015). Esse grupo é o primeiro colonizador de áreas degradadas. Para Baretta et al. (2011) as modificações físicas que ocorrem no solo como a compactação, afeta diretamente indivíduos do grupo Acarina que habitam os poros do solo, reduzindo-lhes a capacidade de criar suas galerias.

A Ordem Collembola é um dos grupos da fauna edáfica que tem merecido grande destaque como indicador biológico, pois apresenta grande sensibilidade às alterações do ambiente (MAUNSELL et al., 2012; DAMASCENO; SOUTO, 2014), são organismos com facilidade de multiplicação e crescimento, constituindo, dessa forma, uma importante fonte de alimento a outros organismos, como ácaros predadores, aranhas e coleópteros. (ANTONIOLLI et al., 2013), a maioria se desenvolve no solo, alimentando-se de fungos, bactérias, algas e matéria vegetal morta (BERUDE et al., 2015).

A ordem Diplura apresenta uma grande diversidade em áreas tropicais tem sido descrito com cerca de 840 espécies no mundo e no Brasil são registradas 37 espécies (FIGUEREDO, 2009). Habitam em locais úmidos no solo, musgos, rochas e serapilheira de florestas (BARETTA et al., 2011), geralmente são carnívoros, se alimentam de micro-organismos do solo e algumas espécies são herbívoras, alimentando-se de raízes de plantas e detritos orgânicos (UHLIG, 2005).

A ordem Protura são insetos caracterizados pela ausência de asas, antenas e olhos, possuindo corpo não pigmentado, vivem em ambientes com alta umidade e matéria orgânica, como não possuem olhos, suas pernas posteriores são modificadas com o objetivo de auxiliar nas noções sensoriais do animal (ULIG, 2005). Alimentam-se de matéria orgânica em decomposição e esporos de fungos, são conhecidas apenas 200 espécies de proturo até o momento.

4. FAUNA EDÁFICA COMO BIOINDICADORA

Devido à sua grande abundância, atividade biológica, metabólica e resposta rápida às mudanças no ambiente edáfico os microrganismos do solo apresentam-se como promissores para uso na avaliação e também como indicadores da qualidade ambiental, podendo ser utilizados em estudos para elucidação de algumas questões importantes que ainda não foram esclarecidas (MANHÃES; FRANCELINO, 2013). Esses microrganismos são adaptados a sobreviver, se reproduzir e realizar interações ecológicas em condições ambientais específicas (CÂNDIDO et al., 2012).

Muitos dos grupos que integram o solo funcionam como bioindicadores da estabilidade e fertilidade do solo, já que são muito sensíveis as mudanças climáticas e as perturbações antrópicas, que provocam variações em sua densidade e diversidade (SOCARRÁS; ROBAINA, 2011).

Os organismos da fauna do solo participam de processos importantes para o biofuncionamento deste ambiente, eles atuam diretamente sobre a dinâmica de decomposição da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, fragmentação dos resíduos vegetais, melhoria das propriedades físicas e equilíbrio da cadeia trófica (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Hoffmann et al. (2009) identificaram diminuição da densidade e diversidade em áreas com sistemas de cultivo em relação à área de mata. Os autores explicam que o uso de diferentes coberturas vegetais e práticas culturais atuam diretamente sobre a população da fauna do solo. Alves et al. (2017) também observaram o aumento gradativo ao longo de anos na abundância e riqueza dos táxons da fauna do solo relacionado com o reflorestamento com espécies nativas de uma área antropizada.

Scoriza e Correia, (2016) concluem que a comunidade da fauna do solo é um bioindicador eficiente, pois confirma a diferenciação dos fragmentos florestais em distintos graus sucessionais. Essa eficiência advir da relação entre a qualidade e quantidade da serapilheira estocada no solo, proveniente e resultado da composição florística e das condições microclimáticas.

Lavelle et al. (2006) afirmam que eles também desempenham uma variedade de funções nos ecossistemas, incluindo decomposição da matéria orgânica, mineralização dos nutrientes, revolvimento e agregação do solo, controle biológico através da proteção de plantas contra pragas, e recuperação de áreas degradadas e contaminadas.

Assim, as culturas agrícolas apresentam comportamento diferente de uma população florestal, modificando as características físicas, químicas e biológicas, e influenciando na comunidade microbiana do solo. O uso indiscriminado de agrotóxicos nas culturas agrícolas também gera impactos negativos ao meio ambiente, sua acumulação nos solos e corpos hídricos, atingem organismos não alvo, incluindo a intoxicação e morte de homens e animais (RECH et al., 2013).

Porém estudos mostram que, em solos com maior biodiversidade microbiana, a possibilidade de se encontrar microrganismos que atuem em processos importantes, como a degradação de agrotóxicos e a manutenção dos processos microbiológicos sob condições de estresse ambiental são maior, fato que gera um “efeito tampão biológico” (PEREIRA et al., 2007).

Barros et al. (2010) observaram a atuação da fauna edáfica na identificação da contaminação de solos por metais pesado em área de mineração como o Chumbo (Pb) e Zinco (Zn), onde também foi observado que determinados grupos faunístico conseguem remover parte desse metal do ambiente, porém, outros grupos tem sua população e taxa de reprodução reduzida após remover esses metais pesados e agrotóxicos do ambiente, como foi observado por Antonielli et al. (2013) avaliando populações de Colêmbolos em exposição aos metais Cádimo (Cd), Zinco (Zn) e Cobre (Cu) e de agrotóxicos glifosato, epoxiconazol + piraclostrobinae epoxiconazol.

5. REFERÊNCIAS

ABRANTES, E. A.; BELLINI, B. C.; BERNARDO, A. N.; FERNANDES, L. H.; MENDONÇA, M. C.; OLIVEIRA, E. P.; QUEIROZ, G. C.; SAUTTER, K. D.; SILVEIRA, T. C.; ZEPPELINI, D. Synthesis of Brazilian Collembola: an update to the species list. **Zootaxa**, v. 2388, n. 1, p. 1-22, 2010.

ALMEIDA, M. A. X.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Composição e sazonalidade da mesofauna do solo do semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 214-222, 2013.

ALVES, F. I. V.; FIALHO, J. S.; NOGUEIRA, F. C. B.; MAIA, L. S. Fauna edáfica como bioindicadora de restauração com arbóreas nativas, em área de Caatinga. **Centro Científico Conhecer**, v. 4, n. 7, p. 255-267, 2017.

ALVES, F. A. L.; SILVA FIALHO, J.; NOGUEIRA, F. C. B.; MAIA, L. S. Caracterização da macro e mesofauna edáfica sobre um fragmento remanescente de “mata atlântica” em Areia-PB. **Revista Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, p. 384-391, 2014.

ANTONIOLLI, Z. I.; REDIN, M.; SOUZA, E. L.; POCOJESKI, E. Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p. 1-7, 2013.

ARAUJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PARENTE, H. N.; PAZERA JÚNIOR, E. Dinâmica da mesofauna edáfica em função das estações seca e chuvosa em áreas de Caatinga sob pastejo. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 4, n. 2, p. 663-679, 2013.

ARAUJO, K. D. **Análise da vegetação e organismos edáficos em áreas de Caatinga sob pastejo e aspectos socioeconômicos e ambientais de São João do Cariri - PB**. 2010. 166 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

ARAUJO, K. D. DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PARENTE, H. N.; CORREIA, K. G.; PAZERA JÚNIOR, E. Levantamento da macrofauna invertebrada do solo em área de Caatinga no semiárido da Paraíba. **Geoambiente On Line**, n.13, p. 19-31, 2009.

BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I. ALVES, M. V. **Fauna edáfica e qualidade do solo**. In. KLAUBERG-FILHO, O.; MAFRA, A. L. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011, v. 7, 119-170 p.

BARETTA, D.; MAFRA, A. L.; SANTOS, J. C. P.; AMARANTE, C. V. T.; BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, 2006.

- BARROS, Y. J.; MELO, V. F.; SAUTTER, K. D.; BUSCHLE, B.; OLIVEIRA, E. B.; AZEVEDO, J. C. R.; SOUZA, L. C. P.; KUMMER, L. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II – mesofauna e plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p.1413-1426, 2010.
- BATISTA, I. CORREIA, M. E. F.; PEREIRA, M. G.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J. A.; ROUWS, J. R. C. Frações oxidáveis do carbono orgânico total e macrofauna edáfica em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 797-809, 2014.
- BATISTELLA, D. A.; PINHEIRO, T. G.; RODRIGUES, D. J.; BATTIROLA, L. D. Distribuição de espécies de Spirostreptidae (Diplopoda: Spirostreptida) em uma área na Amazônia mato-grossense. **Acta Biológica Paranaense**, v. 44, n. 3-4, p. 159-170, 2015.
- BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 14-28, 2015.
- BOSCARDIN, J.; SCHUMACHER, M. V. O papel da fauna edáfica na dinâmica da matéria orgânica em ecossistemas florestais. In: X SIMPÓSIO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO, 10, 2011, **Anais...** 2011. p. 1-9.
- CÂNDIDO, A. K. A. A.; SILVA, N. M.; BARBOSA, D. S.; L. N.; FARIAS, L. N.; SOUZA, W. P. Fauna edáfica como bioindicadores de qualidade ambiental na nascente do rio São Lourenço, Campo Verde-MT, Brasil. **Engenharia Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 67-82, 2012.
- CAO, Z.; HAN, X.; HU, C.; CHEN, J.; ZHANG, D.; STEINBERGER, Y. Changes in the abundance and structure of soil mite (Acari) community under long-term organic and chemical fertilizer treatments. **Applied Soil Ecology**, v. 49, n. 1, p. 131-138, 2011.
- CIPOLA, N. G.; ZEQUI, J. A. C. Composição e diversidade edáfica de Chilopoda (Arthropoda: Myriapoda) do Parque Estadual Mata São Francisco, Paraná Brasil. In: XVII SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. 17. 2010, Londrina. **Anais...** Londrina: UniFil, 2010.
- CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. **Formação da serapilheira e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, 2. ed. 2008. 137-158 p.
- DIONÍSIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D.; PAULA, A. M.; MACEDA, A.; MATANNA, A. L. **Guia prático de biologia do solo**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/NEPAR, 1. ed. 2016. 152 p.
- DAMASCENO, J.; SOUTO, J. S. Indicadores biológicos do núcleo de desertificação do Seridó ocidental da Paraíba. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 31, n. 1, p. 100-132, 2014.
- FERNANDES, M. M. Fauna edáfica de área degradada revegetada com pinhão manso em monocultivo e consórcio com *Andropogon gayanos* L. **Revista Energia na Agricultura**, v. 30, n. 1, p. 47-52, 2015.
- FIDELIS, R. R.; GONZAGA, L. A. M.; SILVA, J.; AGUIAR, R. W. S. Macrofauna edáfica em consórcio de sorgo e soja sob incremento de nitrogênio na gramínea. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 269-275, 2015.

- FIGUEREDO, A. R. **Taxonomia de Japygidae (Diplura) da Amazônia Central**. 2009. 59 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Natural) - Divisão do Curso de Entomologia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.
- FORMIGA, L. D. A. S. **Organismos edáficos, cinética do CO₂ do solo e herbivoria em áreas de caatinga sob pastejo caprino**. 2014. 123 f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014.
- FREIRE, L. R.; ARAÚJO, E. S.; BERBARA, R. L. L. Tempo de captura de organismos da mesofauna do solo e seus reflexos na interpretação de índices da comunidade edáfica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v, 39, n. 5, p. 1282-1291, 2015.
- FREYMAN, B. P.; VISSER, S. N.; OLFF, H. Spatial and temporal hotspots of termite-driven decomposition in the Seregenti. **Ecogeography**, v. 33, n. 7, p. 443-450, 2010.
- GALLO, J. S.; BICHUTTE, M. E. Distribuição dos diplópodes cavernícolas do gênero pseudonannolene (Diplopoda, Spirostreptida, pseudonannolenidae) em cavernas no Brasil. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA, 33, 2015. Campinas, **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Espeleologia, 2015. p. 81-85.
- HOFFMANN, R. B.; NASCIMENTO, M. S. V.; DINIZ, A. A.; ARAÚJO, L. H. A.; SOUTO, J. S. Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 121-125, 2009.
- KUNDE, R. J. A.; LIMA, C. R.; CARVALHO, J. S.; BUSS, R. R.; RIBES, R. P.; MORSELLI, T. B. G. A.; PILLON, C. N. Mesofauna edáfica em uma propriedade agrícola familiar sob o sistema de integração lavoura-pecuária. In: X REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO FATOS E MITOS EM CIÊNCIA DO SOLO. 10, 2014. Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2014. p. 1-3.
- LAVELLE, P.; DECAENS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 3-15, 2006.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 654p.
- LIMA, S. S.; AQUINO, A. M.; LEITE, L. F. C.; VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 322-331, 2010.
- LUDWIG, R. L.; PIZZANI, R.; SCHAEFER, P. E.; GOULART, R. Z.; LOVATO, T. Efeito de diferentes sistemas de uso do solo na diversidade da fauna edáfica na região central do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 485-495, 2012.
- MAGALHÃES, C. R. I.; OLIVEIRA, C. R. F.; OLIVEIRA, C. H. C. M.; NASCIMENTO, A. R. L. Biodiversidade de coleópteros predadores em áreas de Caatinga (fazenda Saco, Serra Talhada-PE). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 2068-2079, 2015.
- MANHÃES, C. M. C.; FRANCELINO, F. M. A. Estudo da interrelação da qualidade do solo e da serapilheira com a fauna edáfica utilizando análise multivariada. **Nucleus**, v. 9, n. 2, p. 21-32, 2012.
- MANHÃES, C. M. C. **Caracterização da fauna edáfica de diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil**. 2011. 54 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias,

- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes, 2011.
- MARION, L. F. **Avaliação da qualidade do solo em propriedades agrícolas familiares em sistema de cultivo convencional e de bases ecológicas, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil.** 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2011.
- MARQUES, D. M.; MARQUES, D. M.; SILVA, A. B.; SILVA, L. M.; MOREIRA, E. A.; PINTO, G. S. Macrofauna edáfica em diferentes coberturas vegetais. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 5, p. 1588-1597, 2014.
- MAUNSELL, S. C.; KITCHING, R. L.; GREENSLADE, P.; NAKAMURA, A.; BURWELL, C. J. Springtail (Collembola) assemblages along an elevational gradients in Australian subtropical rainforest. **Australian Journal of Entomology**, v. 52, n. 2, p. 114-124, 2012.
- MELLO, C. M. A.; SILVA, I. R.; PONTES, J. S.; GOTO, B. T.; SILVA, G. A.; MAIA, L. C. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Caatinga, PE, Brasil. **Acta Botânica Basílica**, v. 26, n. 4, p. 938-943, 2012.
- MELO, F. V.; BROWN, G. G.; CONSTATINO, R.; LOUZADA, J. N. C.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W.; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 39-43, 2009.
- MORAIS, J. W. Mesofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜMER, S. L. (Eds.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal.** Lavras: Editora da UFLA, 2013. 185-200 p.
- NUNES, J. S. **Atributos biológicos do solo de áreas em diferentes níveis de degradação no Sul do Piauí.** 2010. 40 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus, 2010.
- OLIVEIRA, D. **Efeitos das variáveis ambientais locais sobre a abundância, riqueza e biomassa da macrofauna de solo em um ecossistema semiárido no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.** 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- OLIVEIRA, E. M.; SOUTO, J. S. Mesofauna edáfica como indicadora de áreas degradadas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 1, n. 6, p. 1-9, 2011.
- PASQUALIN, L. A.; DIONÍSIO, A. J.; ZAWADENEAK, M. A. C.; MARÇAL, C. T. Macrofauna edáfica em lavouras de cana-de-açúcar e mata no noroeste do Paraná-Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 7-18, 2012.
- PAULA, B. V.; OLIVEIRA, R. J. P.; SILVA, M. T.; BERNARDO, J. T.; KUNDE, R. J.; MORSELLI, T. B. G. A.; ANTUNES, M. O.; MORAES, R. M. D. Estudo da fauna edáfica em um Argissolo cultivado com mostarda. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 2236-7934, 2013.
- PEREIRA, R. C.; ALBANEZ, J. M.; MAMÉDIO, I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas-BA. **MAGISTRA**, v. 24, n. esp, p. 63-76, 2012.

PEREIRA, A. A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; KASCHUK, G.; CHUEIRE, L. M. O.; CAMPOS, R. J.; TORRES, E. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1397-1412, 2007.

PINHEIRO, F. J.; MARTINS, C. M.; FIALHO, J. S.; CORREIA, M. E. F.; CASCON, P. Caracterização da macrofauna edáfica na interface solo-serapilheira em uma área de Caatinga do Nordeste brasileiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 2964-2974, 2014.

PINHEIRO, T. G.; BATTIROLA, L. D.; MARQUES, M. I. Fertility tables of two populatios of the parthernogenetic species *Poratia salvator* (Diplopoda, Polydesmida, Pyrgodesmidae). **Brazilian Journal Biological**, v. 71, n. 2, p. 501-510, 2011.

PORTILHO, I. I. R.; CREPALDI, R. A.; BORGES, C. D.; SILVA, R. F.; SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M. Fauna invertebrada e atributos físicos e químicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1310-1320, 2011.

RAMBO, J. R. **Qualidade do solo em sistemas de manejo da fertilidade para a pequena propriedade em Tangará da Serra, MT**. 2010, 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RECH, M.; PANSERA, M. R.; SARTORI, V. C.; RIBEIRO, R. T. S. Microbiota do solo em vinhedos agroecológico e convencional e sob vegetação nativa em Caxias do Sul, RS. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 3, p. 141-151, 2013.

RIEFF, G. G.; PANSERA, M. R.; SARTORI, V. C.; RIBEIRO, R. T. S. Diversidade de famílias de ácaros e colêmbolos edáficos em cultivo de eucalipto e áreas nativas. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 16, n. 1, p. 57-61, 2010.

ROCHA, I. M. S. **Colêmbolos (Arthropoda: hexapoda: collembola) numa área de Caatinga do Nordeste brasileiro**. 2013. 56 f. Dissertação (Mestrado em Sistemática e Evolução) - Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

ROCHA, I. M. S.; ANDREAZZE, R.; BELLINI, B. C. Registros de Collembola (Arthropoda, Hexapoda) no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Neotropical**, v. 11, n. 3, p. 165-170, 2011.

SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I.; SILVEIRA, F. L. S.; RIBEIRO, G. S. Produção de serapilheira em floresta de galeria e floresta mesofítica na dolina da Garapa, Distrito Federal, Brasil. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 585-596, 2010.

SANTOS, E.; SANTOS, R. C.; MARQUES, R. Macrofauna edáfica na interface solo-serrapilheira e a relação com atributos químicos de um espodossolo sob dois diferentes sistemas de conservação e uso do solo no município de Paranaguá-PR. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 2294-2307, 2015.

SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 115-122, 2008.

SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F. Fauna do solo como indicadora em fragmentos florestais na encosta de morrotes. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 598-601, 2016.

SILVA, V. N.; SOUTO, L. S.; DUTRA FILHO, J. A.; SOUZA, T. M. A.; BORGES, C. H. A.; Deposição de serapilheira em uma área de caatinga preservada no Semiárido da Paraíba, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 21-25, 2015.

SILVA, V. A. S.; COSTA, B. C.; RIEFF, G. G.; SÁ, E. L. S. Dinâmica de Ácaros e Colêmbolos na serapilheira e no solo de áreas sob sistemas de cultivo orgânico e convencional de citros. In: X REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO FATOS E MITOS EM CIÊNCIA DO SOLO. 10, 2014. Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2014. p. 1-3.

SILVA, L. N.; AMARAL, A. A. Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5 (Edição especial), p. 108-115, 2013.

SILVA, A. P.; ROMIO, E. E. M.; VIEIRA, M. A.; CORDEIRO, W. M. Estudo da diversidade de Arthropoda em fragmentos de mata no Distrito de Rolim de Moura do Guaporé-RO. **Revista Eletrônica da Facimed**, v. 3, n. 3, p. 315-321, 2011.

SOCARRÁS, A. A.; ROBAINA, N. Caracterización de la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra en suelo Ferralítico Rojo de Mayabeque y Artemisa. **Pastos y Forrajes**, v. 34, n. 2, p. 185-198, 2011.

TRÍVIA, A. L.; CHAGAS JUNIOR, A. **Diagnóstico da fauna**. 1. ed. Santa Catarina: Prefeitura Municipal de Porto Belo, 2011. 244 p.

ULIG, V. M. **Caracterização da mesofauna edáfica em áreas de regeneração natural da floresta Ombrófila densa submontana, no município de antonina, Paraná**. 2005. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

VARJÃO, S. L. S.; BENATI, K. R.; PERES, M. C. L. Efeitos da variação temporal na estrutura da serrapilheira sobre a abundância de aranhas (Arachnida: Araneae) num fragmento de Mata Atlântica (Salvador, Bahia). **Revista Biociências**, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2010.

GEOTECNOLOGIAS: FERRAMENTA PRÁTICA NA DETECÇÃO DE MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DO SOLO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Jeremias Sousa Peruzzo¹, Júlia Eudócia de Araújo Monteiro¹, Maria Cristina dos Santos Pereira¹, Joelson Nunes Freire¹, Luiz Daniel Rodrigues da Silva¹; Guttemberg da Silva Silvino¹

¹Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Campus II, Areia-PB, e-mail: jeremiasperuzzo@gmail.com

RESUMO

Mudanças na forma de uso e cobertura do solo ocasionam várias implicações ao ecossistema, principalmente em regiões semiárida, onde a problemática da escassez de água se intensifica. O trabalho tem como objetivo utilizar o NDVI para detectar mudanças de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Açude São Gonçalo, através de análise multitemporal de imagens de satélite dos anos de 1988, 2008 e 2018. A área de estudo corresponde a Bacia Hidrográfica do Açude São Gonçalo, situada na mesorregião do sertão Paraibano, Nordeste do Brasil. O principal reservatório de água é o Açude São Gonçalo responsável pelo abastecimento público e irrigação do Perímetro Irrigado de São Gonçalo. Para isso utilizou-se imagens dos satélites Landsat 5 e 8, datada em 31/08/1988, 23/09/2008 e 15/08/2018, na órbita 216, ponto 65, com resolução espacial de 30 metros. O cálculo do NDVI foi obtido através da razão entre a diferença das refletâncias do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V), e a soma das mesmas. O dado matricial com NDVI foi reclassificado pixel a pixel e em seguida vetorizado obtendo-se assim o percentual de ocupação das as classes de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica. O NDVI se mostrou uma ferramenta eficaz para verificar alterações nas formas de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Açude São Gonçalo. A análise temporal revelou que nos últimos dez anos de avaliação ocorreram a maior degradação ambiental da bacia hidrográfica do Açude São Gonçalo, associada, principalmente, a extinção da vegetação arbustivo-arbórea.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto, Imagens de satélite, Degradação ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica constitui a unidade básica de análise ambiental, de gestão e planejamento, possibilitando avaliar de modo integrado ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico (ALMEIDA et al, 2012). Preservar a cobertura vegetal é condição fundamental para a conservação dos recursos hídricos, uma vez que, a vegetação tem importante função na proteção e na manutenção de nascentes e cursos d'água, sendo assim, sua retirada descaracteriza os ambientes originais dos rios e interfere no balanço hídrico (SILVA et al, 2014).

Mudanças na forma de uso e cobertura do solo podem promover várias implicações, como os autores citaram acima, mas a situação pode ser agravada quando se trata de região semiárida, onde a problemática da escassez de água se intensifica. Para minimizar os efeitos da seca, uma das alternativas encontradas pelos governantes como forma de garantir o suprimento da água é a construção de reservatórios para armazenamento de água, usados não apenas para abastecimento público, mas como uma possibilidade de modernização e geração de empregos no setor agrícola, com a implementação de perímetros irrigados (SILVA NETO, 2013). Essa situação é bem clara na região do perímetro Irrigado de São Gonçalo, que foi instalado a jusante do Açude São Gonçalo, semiárido Paraibano.

Mas como gerenciar a mudança de uso do solo e, conseqüentemente, suas implicações nos recursos hídricos em grandes áreas, como é o caso de bacias hidrográficas? Há algumas décadas a detecção dessas mudanças era realizada de maneira trabalhosa e demorada, mas, o avanço das geotecnologias, possibilita o uso de ferramentas importantes que realizam essa análise mais rapidamente (MACHADO et al., 2016). Uma dessas ferramentas é o Sensoriamento Remoto, que, por meio da análise de uma série de imagens de satélites, com aquisição em momentos distintos, é feita uma comparação nas áreas de interesse objetivando identificar o que, onde e quanto foi modificado, através das respostas espectrais dos alvos, quer seja água, solo e vegetação (NETA et al, 2019).

Entre os índices utilizados no monitoramento de mudanças de uso e cobertura do solo, encontra-se o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), um dos índices de vegetação mais antigo e, ainda, bastante utilizado (LOURENÇO et al, 2017), que trata da normalização dos dados espectrais das bandas do infravermelho próximo e do vermelho, relacionado diretamente aos pigmentos fotossintéticos (FORMAGGIO; SANCHE, 2017). Neste sentido, o trabalho tem como objetivo utilizar o NDVI na análise multitemporal de imagens de satélite dos anos de 1988, 2008 e 2018, visando a identificação de mudanças de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Açude São Gonçalo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde a Bacia Hidrográfica do Açude São Gonçalo, situada na mesorregião do sertão Paraibano, Nordeste do Brasil. O principal reservatório de água é o Açude São Gonçalo, construído em 1936, com capacidade para armazenamento de 44 milhões de metros cúbicos de água, localizado na mesorregião do sertão Paraibano, oeste do estado. O açude é utilizado para abastecimento público bem como para irrigação do Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG). A vegetação predominante é a caatinga hiperxerófila, com predominância da formação arbustiva

arbórea aberta classificada por Freitas (2012). De acordo com Alvares et al. (2013) o clima é classificado como clima tropical, com chuvas de inverno (As).

O primeiro passo para realização da pesquisa foi a aquisição das imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8. Essas imagens foram adquiridas, gratuitamente, na plataforma Earth Explorer do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Um dos critérios observados foi a aquisição de imagens com menor interferência de nuvens, sendo obtidas imagens da mesma época minimizando os efeitos da precipitação sobre a vegetação da caatinga. O intervalo de análise foi de 30 anos, a partir da imagem datada em 31/08/1988, 23/09/2008 e 15/08/2018, na órbita 216, ponto 65, com resolução espacial de 30 metros.

Para visualizar os alvos, foram selecionadas sequencialmente, as bandas 5, 4 e 3 da imagem do sensor TM e as bandas 6, 5 e 4 do sensor OLI, correspondentes às faixas do infravermelho médio infravermelho próximo e vermelho visível, respectivamente, a partir das quais gerou-se uma composição colorida para cada ano selecionado, nas cores vermelho (R), verde (G) e azul (B). Esta composição proporciona uma boa caracterização e diferenciação dos usos e coberturas da terra, facilitando a análise visual sobre a imagem para a extração de informações (NASCIMENTO et al, 2014).

O cálculo do NDVI foi obtido através da razão entre a diferença das reflectâncias do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e do vermelho (ρ_V), e a soma das mesmas (Equação 1). Segundo Nascimento et al (2014), o NDVI é representado pela faixa que vai de -1 a 1 e, quanto mais próximo de -1, menor será o Índice de Vegetação, e quanto mais próximo de 1, maior será o Índice de Vegetação:

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \quad \text{Equação 1:}$$

Onde: ρ_{IV} = reflectância do infravermelho próximo; ρ_V = reflectância do vermelho.

Para interpretação do NDVI foi realizada a partir de Nascimento et al (2014): valores de de pixel entre -1.0 e 0.0 foram classificados como água; entre 0.0 e 0.2, como solo exposto; entre 0.2 e 0.4, como vegetação arbustiva aberta; entre 0.4 e 0.6, como vegetação arbustiva semi-aberta; entre 0.6 e 0.8, como vegetação arbustivo-arbórea; e, entre 0.8 e 1.0 foi classificado como vegetação arbóreo-arbustiva.

Em seguida, o dado matricial reclassificado em função das classes do NDVI foi vetorizado, obtendo-se assim a área que cada classe de uso e cobertura do solo ocupa para as datas selecionadas, visualizando-se em termos quantitativos as alterações ocorridas na bacia hidrográfica em 30 anos de análise.

Os resultados do NDVI foram relacionados à climatologia da região, para isso foi realizado uma análise nos sites oficiais, onde foram obtidos dados de precipitação pluviométrica média anual no período de 30 anos (Figura 1).

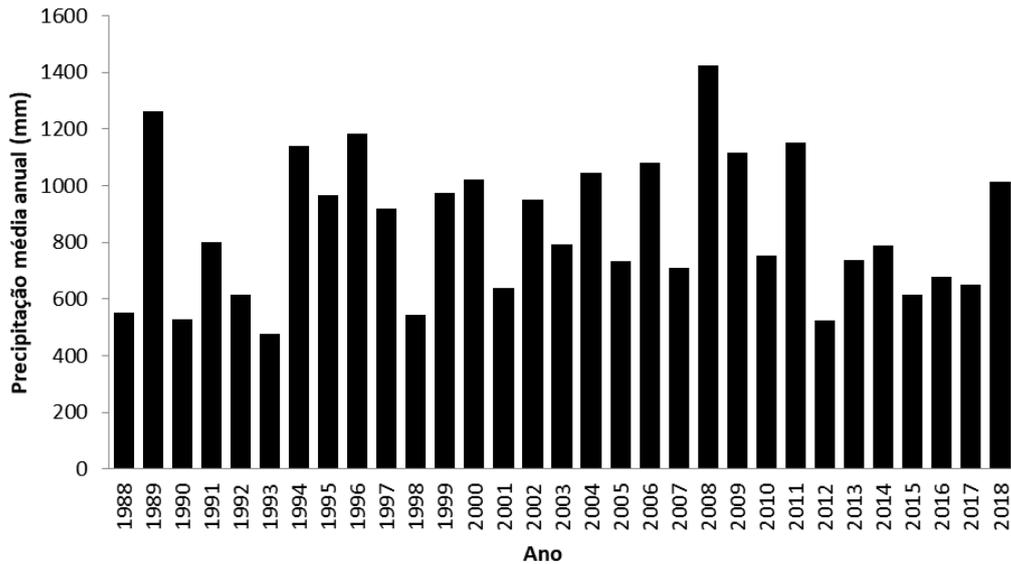


Figura 2. Precipitação média anual para os anos: 1988, 2008 e 2018.

Fonte: Adaptado de AESA (2020)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 30 anos de observação, observou-se uma redução na quantidade de pixels com nos valores mínimos de NDVI situados entre -1 e 0.0 (representam água), sendo assim, em 1988, 2008 e 2018 foram, respectivamente, -0,46; -0,47 e -0,15. Essa situação também foi constatada por Peruzzo et al (2019) na bacia hidrográfica do Alto Piranhas. Outro aspecto observado ao analisar os metadados do NDVI foi a extinção de pixels entre o intervalo de 0,6 e 0,8 para o ano de 2018, pois em 1988, 2008 e 2018, os maiores valores de pixel foram, respectivamente, 0,70; 0,71 e 0,59. Isso significa que em 30 anos de análise, áreas antes ocupadas por vegetação arbustivo-arbórea, foram substituídas por outra forma de cobertura vegetal, que provavelmente não confere o mesmo grau de proteção ao solo da bacia hidrográfica. Dessa forma, essa alteração na forma de uso e ocupação pode ter contribuído com a diminuição dos pixels associados a água, ratificando a utilização da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento de recursos hídricos. Vale salientar, que os valores de NDVI apresentados acima corroboram com Lourenço et al (2017), segundo eles, observaram um decaimento nos valores de NDVI entre aquelas datadas de agosto de 2004 e setembro de 2016.

Com relação ao mapeamento do uso e cobertura do solo, é notório que entre 1988 (Figura 2A) e 2008 (Figura 2B) ocorreu uma redução das áreas com solo exposto, sendo ocupadas por vegetação arbustiva aberta. Esse cenário pode estar associado à maior precipitação pluviométrica média anual de 2008, ano em que foi registrada uma chuva acumulada de 1423,0 mm. Mas, o que chamou atenção foi que mesmo com o aumento da precipitação, ocorreu uma redução da quantidade de água na bacia hidrográfica, situação que pode estar associada a fatores externos, como por exemplo, o aumento de irrigantes que utilizavam a água do Açude São Gonçalo, maior reservatório da bacia hidrográfica em estudo.

Outra análise corresponde ao intervalo dos últimos 10 anos, situado entre 2008 a 2018 (Figura 2B e 2C), quando o NDVI revelou um cenário com mudanças consideráveis, observadas principalmente na região sul da bacia hidrográfica em estudo, não sendo detectados pixels que correspondiam à vegetação arbustivo-arbórea, provavelmente, associado provavelmente a diminuição da precipitação média anual registrada entre os anos de 2012 e 2017 (Figura 1). Em relação aos recursos hídricos, observou-se nesse período, bem como uma redução da área superficial ocupada pelo açude São Gonçalo. Essa situação do açude pode estar associada a dois fatores, o primeiro deles é a questão climatológica abordada anteriormente, já o segundo fator está relacionado ao manejo e gerenciamento da água, pois em seu estudo Siqueira et al (2018), ao analisar os relatórios disponibilizados pelo DNOCS constataram um elevado número de irrigantes cadastrados nos projetos de irrigação, bem como encontraram um vazamento de 6,0 centímetros, responsável, em dia de irrigação, pela perda de até 10% de água ao dia. Vale salientar que essas mudanças na bacia hidrográfica do açude São Gonçalo, podem ter contribuído com o colapso do perímetro irrigado de São Gonçalo, pois a partir do momento em que ocorre diminuição do volume de água, os irrigantes começaram a utilizar poços com água salina, desencadeando outro problema ambiental, a salinização do solo (SILVA NETO et al., 2012).

A Tabela 1 apresenta a área ocupada por cada classe de uso e cobertura do solo durante o período de 30 anos de observação. Em termos numéricos, a água ocupava uma área correspondente a 1,51; 1,47 e 0,92 (%), respectivamente, para 1988, 2008 e 2018. Nos últimos 10 anos analisados, o percentual de ocupação da água superficial da bacia hidrográfica foi reduzido em 36,42 %, restando apenas uma área de 289,59 ha, que corresponde a 63,58% do total de água existente em 2008, decorrente o período de estiagem da região. Segundo Lourenço et al. (2017), a escassez de chuvas na região desde o fim do ano de 2011, reduziu drasticamente o volume do açude São Gonçalo, pois em setembro de 2004 e fevereiro de 2015, apresentando aproximadamente 28,917 m³ e 3,783 m³ de seu volume. As consequências desse cenário foram refletidas na economia do estado da Paraíba, afetando o Perímetro irrigado do Açude São Gonçalo, principalmente a na cultura do coco que foi quase extinta nesse período (SILVA et al., 2017).

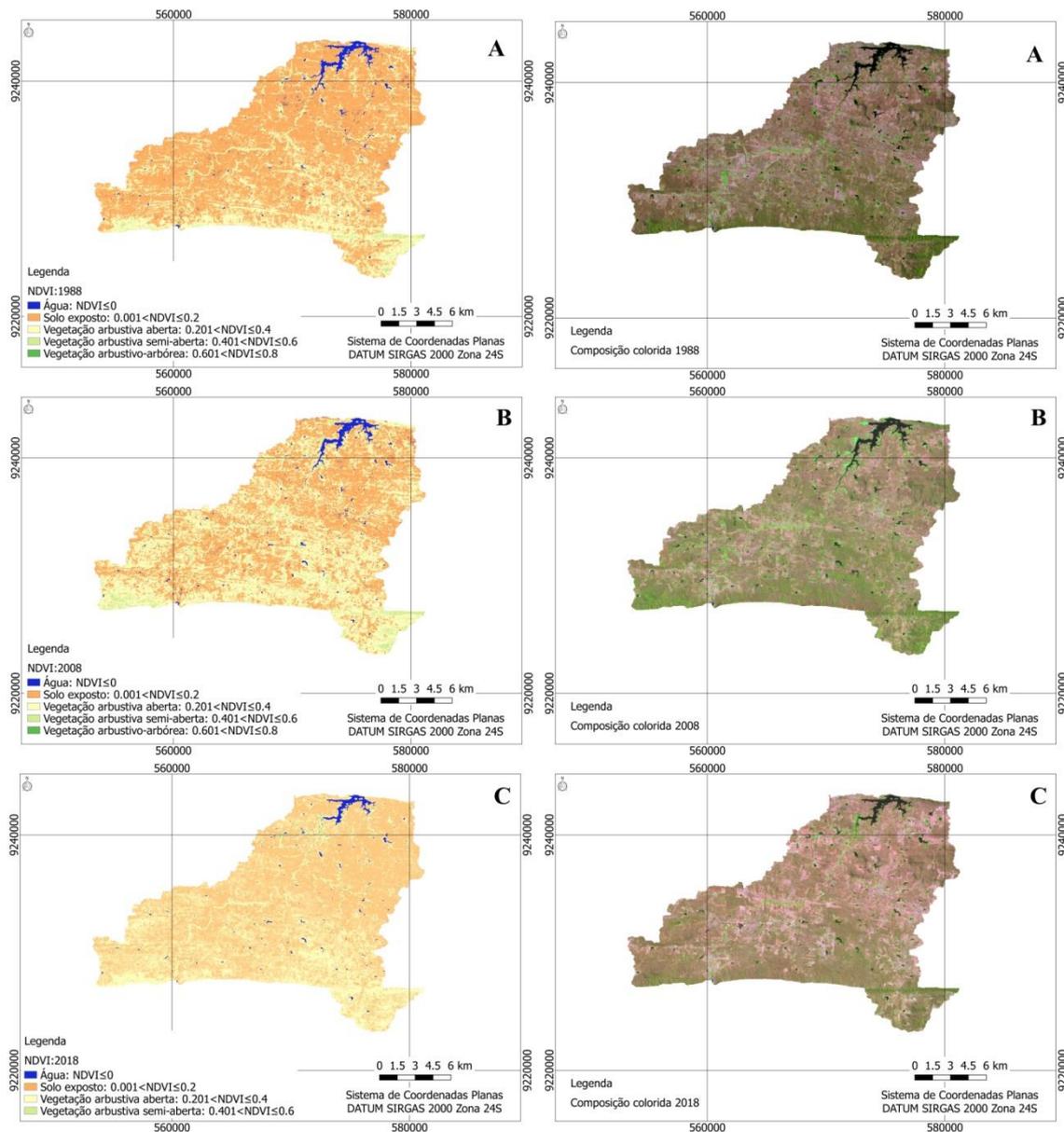


Figura 2. Mapeamento da uso e cobertura do solo através da aplicação do NDVI e Composição colorida para os anos de 1988 (A), 2008 (B) e 2018 (C).

Fonte: Os autores (2020)

Ao analisar o solo exposto, observou-se uma redução do percentual de ocupação, principalmente nos primeiros 20 anos: 47,51% (1988); 26,77% (2008). Ao mesmo tempo ocorreu um aumento das áreas ocupadas por vegetação arbustiva aberta: 48,48% (1988) para 60,30% (2008). Segundo Nascimento et al (2014), o elevado percentual de caatinga rala (lavouras de ciclo curto e pastagens) pode estar relacionado à maior pressão exercida sobre os recursos da caatinga, em partes, este avanço pode ser atribuído ao incentivo da atividade pecuarista, que tem um maior impulso a partir da década de 2000.

Um ponto importante a ser observado na tabela 1 é que dos anos de 2008 para 2018 ocorreu a redução 91,46% da área ocupada por vegetação arbustiva semiaberta, restando apenas 246,26 ha. Além disso, houve a extinção da classe Vegetação arbustivo arbóreo, resultado semelhante apresentado por Peruzzo et al (2019) e Lourenço et al (2017). Em perda da biodiversidade, principalmente nos extratos da vegetação que

conferem maior proteção do solo, pode contribuir com o aumento do escoamento superficial, diminuição da infiltração da água no solo, aumento do aporte de sedimentos que ocasiona alterações na qualidade da água bem como o assoreamento do manancial. A vegetação nativa exerce papel importante na estabilização dos geoambientes, conferindo maior proteção do solo, (ALMEIDA et.al., 2012).

Tabela 2 –Área em hectares e porcentagem das classes de uso e ocupação do solo do Açude São Gonçalo.

Classificação	1988		2008		2018	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Água	470,53	1,51	455,48	1,47	289,59	0,92
Solo Exposto	14714,06	47,51	8291,05	26,77	7074,03	22,84
Vegetação arbustiva aberta	15014,01	48,48	18676,44	60,30	23051,28	74,43
Vegetação arbustiva semi-aberta	1152,57	3,72	2881,57	9,33	246,26	0,79
Vegetação arbustivo-arbórea	18,06	0,058	21,98	0,071	-	-

Fonte: Os Autores (2020)

4. CONCLUSÕES

O NDVI se mostrou uma ferramenta eficaz para verificar alterações nas formas de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Açude São Gonçalo.

A análise temporal revelou que nos últimos dez anos de avaliação ocorreram a maior degradação ambiental da bacia hidrográfica do Açude São Gonçalo, associada, principalmente, a extinção da vegetação arbustivo-arbórea.

REFERÊNCIAS

AESA - Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (2020). Volumes dos Açudes. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-diario/?tipo=atual>. Acesso em: 27 março de 2020.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J; SPAROVEK, G.I. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALMEIDA. N.; V. CUNHA. S. B.; NASCIMENTO. F.; R. A cobertura vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da bacia hidrográfica do rio Taperoá – Nordeste do Brasil/ Paraíba. *Revista Geonorte*, v. 3, n. 4, edição especial, p. 365-378, 2012.

FORMAGGIO, A. R., SANCHES, I. D. Sensoriamento remoto em agricultura. São Paulo: Oficina de Textos, 2017

FREITAS, M. I. A. **Sub-bacia do Alto Piranhas, Sertão Paraibano: Percepção Ambiental e perspectivas na gestão dos recursos hídricos**. 2012. 163 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2012.

LOURENÇO, V. R.; RAMOS, N. N. D. L. A.; COSTA, C. A. G. Distribuição Espaço-Temporal do NDVI sob Condições de Caatinga Preservada. **Espaço Aberto**, v. 7, n. 1, p. 101-110, 2017.

LOURENÇO, R.L.G.; LOURENÇO, M.J.G.; CAVALCANTE, F.M.S.; FIGUEIREDO, M.L.F.; SALES, L.G.L. 2017. Técnicas de geoprocessamento no suporte a análise da seca entre os anos de 2004 e 2016 no açude de São Gonçalo – Sousa- PB, 3, Campina Grande. Anais..., Editora Realize, Campina Grande,1, ISSN 2319-0248.

MACHADO, F. B. Relação da qualidade da água e cobertura da terra em microbacia antropizada do cerrado mineiro. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 1, p. 28-36, 2016.

NASCIMENTO, S. S., LIMA, E.R.V., LIMA, P.P.S. Análise temporal da degradação da Caatinga na subbacia do Alto Paraíba. **OKARA: Geografia em debate**, v. 8 n.1, p.72-94, 2014.

NETA, S. R. A.; BIAS, E. D. S.; BRITES, R. S.; DOS SANTOS, C. A. M.. Aplicação de um Modelo de NDVI para Detecção Multitemporal de Mudanças no Uso e Cobertura do Solo. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 592-604, 2019.

PERUZZO, J. S.; PEREIRA, M. C. S.; SILVA, L. D. R.; OLIVEIRA, B. S., SILVINO, G. S. Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento ambiental da bacia do Alto Piranhas, Semiárido Nordestino (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.7, n.3 (Edição Especial – XV SEAGROCCA), p.28-37, 2019.

SILVA NETO, M. F. **A problemática da Salinização do Solo no Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB**. 2013. Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

SILVA, R. M.; LIMA, J. R.; DE MENDONÇA, I. F. Alteração da cobertura vegetal na Sub-Bacia do Rio Espinharas de 2000 a 2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 202-209, 2014.

SILVA NETO, M. F.; Macedo, M. L. A.; Andrade, A. R. S.; Freitas, J. C.; Pereira, E. R. R. Análise do perfil agrícola do perímetro irrigado de São Gonçalo-PB. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.5 n.2, p.155-172, 2012.

SILVA, E. L.; VIEIRA, A. Simulação integrada dos recursos hídricos nos reservatórios Engenheiro Ávidos e São Gonçalo na Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n.5, p.892-901, 2017.

SIQUEIRA, E.; SILVA, S.; LOPES, F.; ANDRADE, F.; FERREIRA, C. Avaliação dos impactos da seca no Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, [S.l.], n. 40, p. 21-27, mai. 2018

MANEJO DA IRRIGAÇÃO NAS FASES FENOLÓGICAS DA CULTURA DO FEIJÃO-FAVA

Mirandy dos Santos Dias¹, Ligia Sampaio Reis², Rilbson Henrique Silva dos Santos³, Clécio Lima Tavares², Francisco de Assis da Silva¹, Gabriel Gustavo Ferraro de Andrade Pessoa⁴

¹Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB – UFCG, e-mail: mirandydias@gmail.com

²Universidade Federal de Alagoas / Centro de Ciências Agrárias – UFAL- CECA, Rio Largo, AL

³Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, PE

⁴Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Campus II, Areia-PB

RESUMO

O feijão-fava, destaca-se como uma das principais culturas da região Nordeste do Brasil, cultivado em regime de sequeiro, com pouco uso de tecnologias, por agricultores familiares, resultando em baixos índices de produtividade. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desenvolvimento do feijão-fava, sob manejos de irrigação nas fases fenológicas da cultura. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da área experimental do Centro de Ciências Agrárias, localizado no município de Rio Largo, AL. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 4, sendo duas variedades de feijão fava (Orelha-de-velho e Manteiga) e quatro manejos de irrigação:(T₁: irrigação plena; T₂: estresse hídrico de 50% da capacidade de campo na fase vegetativa; T₃: estresse hídrico de 50% da capacidade de campo na fase reprodutiva e T₄: estresse hídrico de 50% da capacidade de campo na fase de maturação), com 4 repetições. Foi avaliado o número de folhas, número de grãos, número de vagens, área foliar, fitomassa fresca da parte aérea e massa seca da parte aérea. A cultura do feijão fava foi mais sensível ao estresse hídrico na fase reprodutiva. A variedade olho-de-velho mostrou-se superior a variedade manteiga para os componentes área foliar e fitomassa fresca da parte aérea. A lâmina de irrigação de 50% da capacidade de campo pode ser aplicada no cultivo do feijão fava na fase vegetativa e de maturação dos grãos sem perdas na produção.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus lunatus* L., Leguminosa, Estresse hídrico.

1. INTRODUÇÃO

O feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), é a segunda leguminosa de maior importância do gênero, e devido ao conteúdo proteico e paladar característico é mundialmente utilizado em pratos, nas mais diferentes culinárias, recebendo várias denominações em função da região cultivada ou forma de utilização na alimentação (SANTOS, 2008; VAZ PATTO, 2015). Além de constituir um alimento rico em proteína vegetal, podendo diminuir a dependência quase que exclusiva dos feijões dos grupos *Phaseolus* e *Vigna* (LOPES et al., 2010), tem relativa importância socioeconômica, contribuindo como fonte de renda e subsistência para grande parte das populações carentes do nordeste brasileiro (SANTOS et al., 2002).

É produzido e consumido em diversas partes do mundo, é uma cultura extremamente adaptada ao clima semiárido, possui forte expansão em algumas regiões do Brasil, especialmente na região Nordeste, onde é plantado por pequenos e médios produtores em regime em regime de sequeiro, com pouco uso de tecnologias (MELO et al., 2009). Entretanto, quando submetida a sistemas irrigados, responde com significativo aumento na produção (MELO et al., 2009).

Mediante a variabilidade climática encontrada, esta espécie é bastante tolerante ao calor e à seca (VIEIRA, 1992; SOTO et al., 2005). A sensibilidade do feijão-fava ao déficit hídrico no solo e as incertezas climáticas, principalmente as relacionadas às variações pluviométricas entre anos e locais de cultivo determinam esses baixos índices de rendimento e oscilação da produção anual desta cultura (OLIVEIRA, et al 2014).

O déficit hídrico é considerado um dos principais fatores que afetam a produtividade agrícola, principalmente em regiões semiáridas. Pois afeta vários processos durante o desenvolvimento vegetal (TAIZ et al., 2017).

Apesar de ser considerada uma cultura tolerante à seca, pesquisas têm mostrado que a ocorrência de déficit hídrico no feijão-fava, principalmente nas fases de florescimento e enchimento de grãos, pode provocar severas reduções na produtividade de grãos (OLIVEIRA et al. (2014). Diante da importância da fava para a região Nordeste do Brasil, torna-se imprescindível a realização de pesquisas visando avaliar estratégias de manejos de irrigação no desenvolvimento da cultura do feijão-fava. Assim, objetivou-se avaliar o desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.), sob manejos de irrigação nas fases fenológicas da cultura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas (CECA-UFAL), em condições de casa de vegetação, com coordenadas 9° 27' 55'' S e 35° 49' 46'' W, com uma altitude média de 127 metros acima do nível do mar e temperaturas máxima 29 °C e mínima 21 °C. A pluviosidade média anual de 1.800 mm (SOUZA et al., 2004).

Antes da semeadura, foi realizada a análise química do solo, cujo resultado foi: pH = 5,1; P = 38 mg dm⁻³; K²⁺ = 103 mg dm⁻³; Na²⁺ = 36 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 1,0 cmol dm³; Mg²⁺ = 0,9 cmol dm³; Al³⁺ = 0,41 cmol dm³; H + Al = 7,3 cmol dm³; SB = 2,3 cmol dm³; CTC = 9,62 cmol dm³; V = 24,1%; m = 15%; e M.O = 3,21%. Para correção da acidez do solo foi utilizado o calcário agrícola FILLER, com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 90%, mediante a aplicação de 60 g de CaCO₃ por vaso, visando elevar a saturação por bases de 24,1% para 80%, valor recomendado pelo

Instituto Agronômico Campinas (IAC) para a cultura do feijão-fava (TRANI et al., 2015).

A adubação de fundação foi realizada conforme a recomendação de adubação para ensaios em vasos (NOVAIS et al., 1991), utilizando 300 mg de fósforo por dm^3 , tendo como fonte o superfosfato simples (18% de P_2O_5). Para a adubação de cobertura foi utilizado 100 mg de Nitrogênio por dm^3 e 150 mg de potássio por dm^3 de solo, tendo como fonte a Ureia (45% Nitrogênio) e Cloreto de Potássio (60% K_2O), parceladas em duas vezes (25 e 50 dias após a semeadura).

Foram testadas duas variedades de feijão-fava (Orelha-de-velho e Manteiga) e quatro manejos de irrigação ((T_1) irrigação plena (T_2) estresse hídrico de 50% da capacidade de campo na fase vegetativa; (T_3) estresse hídrico de 50% da capacidade de campo na fase reprodutiva; (T_4) estresse hídrico de 50% da capacidade de campo na fase de maturação).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 4. Combinados, os fatores resultaram em 8 tratamentos com quatro repetições formando 32 unidades experimentais, sendo cada parcela formada por duas plantas.

A semeadura foi realizada no dia 10 de janeiro de 2018, utilizando sementes de duas variedades de feijão fava, obtidas do banco de Germoplasma da Universidade Federal de Pernambuco. As Sementes foram semeadas em vasos, com 30 cm de diâmetro por 26 cm de altura, contendo $9,0 \text{ dm}^{-3}$ de solo com 3 sementes por vaso a uma profundidade de aproximadamente 4 cm. O desbaste foi realizado 6 dias após a emergência (DAE), deixando apenas duas plantas por vaso.

Antes da semeadura, a umidade do solo foi elevada ao nível correspondente à capacidade de campo, para isso, os vasos com solo foram saturados com água, envolvidos individualmente com plástico, de forma a forçar a perda de água apenas por drenagem (GERVÁSIO et al., 2000).

Após a drenagem, os vasos foram pesados para determinar o nível de umidade próximo à capacidade de campo, assim a partir dessa foi determinado às lâminas de irrigação de cada tratamento, tomando-se como base a evapotranspiração da cultura (ETc), que no balanço hídrico é a lâmina de irrigação menos a água que drenou.

Até o décimo nono dia, todas as parcelas foram irrigadas com lâmina de 100% da capacidade de campo, visando proporcionar o desenvolvimento inicial da planta. Após esse período iniciou-se a aplicação dos tratamentos.

Por ocasião da colheita foram avaliados o número de folhas (NF), Número de grãos (NG), Número de vagens (NV), área foliar (AF- cm^2), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA- g) e massa seca da parte aérea (MSPA-g), Para obtenção da fitomassa fresca da parte aérea as plantas foram pesadas em balança digital. Após a pesagem foram colocadas em sacos de papel, identificadas e levadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ constante, durante 72 horas. Após este período, as amostras foram pesadas para a determinação da massa seca. A área foliar foi determinada usando o integrador de área foliar scanner modelo LI-3100C.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e para comparação das médias foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de variância, verifica-se que não houve efeito significativo para a interação entre os fatores variedades e manejos de irrigação (Tabela 1).

Para variedades houve diferença significativa a nível de 1 e 5 % de probabilidade para a área foliar e massa fresca da parte aérea da planta, respectivamente.

Observa-se ainda que houve diferença significativa a nível de 1% de probabilidade para todas as variáveis estudadas quanto ao manejo de irrigação (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da Análise de variância para o número de folhas (NF), área foliar (AF), número de vagens (NV), número de grãos (NG), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e massa seca da parte aérea (MASPA) de plantas de feijão-fava cultivadas sob manejos de irrigação.

F. de variação	GL	QM					
		NF	AF	NV	NG	FFPA	MSPA
Variedades (I)	1	185,2 ^{ns}	1006780,5 ^{**}	84,5 ^{ns}	69,0 ^{ns}	1816,2 [*]	4,5 ^{ns}
M. irrigação (II)	3	1005,1 ^{**}	564889,7 ^{**}	235,7 ^{**}	906,2 ^{**}	18597,9 ^{**}	817,3 ^{**}
Interação (I x II)	3	35,1 ^{ns}	161273,0 ^{ns}	44,5 ^{ns}	209,5 ^{ns}	56,5 ^{ns}	12,8 ^{ns}
Tratamentos	7	472,3 ^{ns}	455038,4 ^{**}	132,1 ^{**}	488,0 [*]	8254,2 ^{**}	356,4 ^{**}
Resíduo	24	209,5	93053,4	23,7	157,5	326,5	59,1
CV	-	17,7	24,1	31,3	36,2	8,1	15,8

*, ** - Significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Verifica-se, na Tabela 2, que não houve diferença significativa entre as variedades de feijão fava Olho-de-velho e Manteiga sobre número de folhas, número de vagens, número de grãos e massa seca da parte aérea, observando-se apenas diferença mínima significativa para área foliar e fitomassa fresca da parte aérea. De acordo com Taiz et al. (2017), mesmo a massa úmida, apresentando médias estatisticamente diferente entre os tratamentos a melhor forma de se avaliar o crescimento de uma planta é a massa seca, pois a massa úmida é um parâmetro muito sensível às oscilações hídricas, uma vez que a maior parte dos vegetais é formada por água, importante para o fornecimento de hidrogênio responsável pela produção de matéria orgânica.

Tabela 2. Número de folhas (NF), área foliar (AF), número de vagens (NV), número de grãos (NG), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão-fava.

Variedades	NF	AF	NV	NG	FFPA	MSPA
Olho-de-velho	83,9 a	1442,5 a	13,9 a	33,1 a	228,6 a	48,1 a
Manteiga	79,1 a	1087,8 b	17,1 a	36,1 a	213,5 b	48,8 a

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Observa-se, na Tabela 3, as comparações das médias relativa às variáveis número de folhas (NF), área foliar (AF), número de vagens (NV), número de grãos (NG), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas de feijão- fava, em função do déficit hídrico.

Com relação ao número de folhas, verifica-se que esse componente não foi afetado no tratamento com déficit hídrico na fase reprodutiva, apresentando 64,8 folhas (Tabela 3). No entanto, nos tratamentos que sofreram com déficit na fase de desenvolvimento vegetativo apresentou 87 folhas, mostrando que as plantas de feijão-fava conseguiram emitir novas folhas após o déficit hídrico. Isso pode ser explicado pelo fato de que a planta ao ter passar por um período de déficit hídrico e logo em

seguida ter sido reidratada, a mesma teve a capacidade de recupera-se do estresse, isso pode ser um indicativo de que a planta catalisou a transferência de elétrons para H_2O_2 formando $2H_2O$, mantendo assim a integridade da membrana (ZOZ et al., 2013).

Tabela 3. Número de folhas (NF), área foliar (AF), número de vagens (NV), número de grãos (NG), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de feijão- fava, em função do manejo de irrigação.

Tratamentos	NF	AF	NV	NG	MFPA	MSPA
Irrigação plena	89,0 a	1495,2 a	18,2 a	42,7 a	253,1 a	52,0 a
F. Vegetativo	87,0 a	1372,1 a	15,8 a	37,8 a	250,9 a	53,0 a
F. Reprodutiva	64,8 b	883,7 b	7,8 b	19,0 b	150,5 b	33,5 b
F. Maturação	85,2 a	1309,6 a	20,2 a	39,0 a	229,8 a	55,5 a

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 0,05 de probabilidade.

Houve redução significativa para a variável área foliar no tratamento em que as plantas foram submetidas a deficiência hídrica na fase de floração, equivalente a 40,8% em relação ao tratamento com irrigação plena durante todo o ciclo da cultura. Verifica-se ainda que a área foliar nos tratamentos que sofreram déficit hídrico na fase de desenvolvimento vegetativo (1372,1 cm^2) e maturação (1309,6 cm^2) não diferiram estatisticamente do tratamento irrigação plena (1495,2 cm^2) (Tabela 3).

Tal fato pode ser explicado como uma estratégia de sobrevivência, com o intuito de diminuir a área disponível à transpiração (CORREIA e NOGUEIRA, 2004). Para vários autores, as plantas ao serem submetidas a restrições hídricas reduzem a turgescência e a expansão celular, o que ocasiona redução no alongamento do caule e na expansão foliar. Essa redução constitui um mecanismo morfológico de defesa, pois a redução da interface entre a planta e a atmosfera reduz a transpiração, o que é positivo, porém também reduz a assimilação fotossintética, o que é negativo para a produção. Com área foliar menor, há diminuição na transpiração, conservando água no solo por período mais longo (TAIZ et al., 2017).

O número de vagens e grãos foram afetados pelo déficit hídrico na fase reprodutiva, apresentando aproximadamente 8 vagens e 19 grãos por planta (Tabela 3). Mostrando que a falta de água na fase reprodutiva influi notadamente no número de vagens e grãos por plantas, tendo em vista que um nível adequado de água no solo induz uma ótima floração e formação de vagens e enchimento de grãos. De acordo com Leite et al. (2000) este comportamento pode ser explicado como um dos mecanismos de resistência à seca, utilizado pela cultura, no sentido de buscar melhores condições para superar o déficit hídrico, produzindo menor quantidade de folhas, vagens e consequentemente no número de grãos.

Por sua vez, Nascimento et al. (2004), ao avaliarem o efeito da variação dos níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e a produção de feijão-caupi, também observaram que o número de vagens por planta diminuiu com o aumento da restrição hídrica. Sousa et al. (2009), reforçam que o efeito do estresse hídrico causa reduções nos componentes de produção e que este torna-se mais severo quando ocorre nas fases de floração e frutificação, ou seja, na fase reprodutiva, corroborando com os resultados do presente trabalho.

Em relação a fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e massa seca da parte aérea (MSPA), constata-se que, as plantas que os tratamentos submetidas ao déficit hídrico na fase reprodutiva da cultura, diferiu dos demais tratamentos (irrigação plena, fase vegetativa e fase de maturação), apresentando redução na FFPA e MSPA equivalente a 40,6 e 35,5% quando comparado ao tratamento com irrigação plena (Tabela 3).

O teor de massa seca da parte aérea pode ser considerado um indicador de produtividade, pois com o estresse hídrico, a planta fecha os estômatos para manter o potencial de água na folha, assim reduz a assimilação de CO₂ e, por conseguinte os fotoassimilados, e dessa forma os teores de massa seca da planta, bem como o crescimento e a produtividade podem ser reduzidos (OLIVEIRA et al., 2005).

4. CONCLUSÕES

A cultura do feijão fava foi mais sensível ao estresse hídrico na fase reprodutiva;
A lâmina de irrigação de 50% da capacidade de campo aplicada na fase vegetativa e na fase de maturação dos grãos não prejudica a produção do feijão fava.
A variedade olho-de-velho mostrou-se superior a variedade manteiga para os componentes área foliar e massa fresca da parte aérea.

5. REFERÊNCIAS

- CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, 2004.
- LEITE, M. L.; RODRIGUES, J. D.; VIRGENS FILHO, J. S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi, cv. EMAPA-821. III - Produção. **Revista de Agricultura**, v.75, n.1, p.9-20, 2000.
- MAQUET, A.; VEKEMANS, X.Z.; BAUDOIN, J.P. Phylogenetic study on wild allies of lima bean, *Phaseolus lunatus* L. (Fabaceae), and implications on its origin. **Plant Systematics and Evolution**, v.218, n.1-2, p.43-54, 1999.
- NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção do feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.2, p.174-177, 2004.
- NOVAIS, R. F.; NEVES J. C. L.; BARROS N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa-SEA. p. 189-253. 1991.
- OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Revista Engenharia**

Agrícola, v.25, p.86- 95, 2005.

OLIVEIRA, A. E. S.; SIMEÃO, M.; MOUSINHO, F. E. P.; GOMES, R. L. F. Desenvolvimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) sob déficit hídrico cultivado em ambiente protegido. **Holos**, v.1, p.143-151, 2014.

OLIVEIRA, J. P. 1977. Método não destrutivo para determinação da área foliar do feijoeiro *caupi, vigna sinensis* (L) savi, cultivado em casa de vegetação. **Ciência Agrônômica**, v.7, n.12, p.53-57, 1977.

SANTOS, D.; CORLETT, F. M. F.; MENDES, J. E. M. F.; WANDERLEY JÚNIOR, J. S. A. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no Estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.10, p.1407-1412, 2002.

SANTOS, J. O. **Divergência genética em feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.)**. – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2008. 97 p. Dissertação, Teresina, 2008.

SOTO, J. L. L., CORRAL, J. A. R., GONZÁLEZ, J. J. S.; ILDEFONSO, R. L. Adaptación Climática de 25 Especies de Frijol Silvestre (*Phaseolus spp.*) en la República Mexicana. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.28, n.3, p.211-230, 2005.

SOUSA, M.A. et al. Estresse hídrico e profundidade de incorporação do adubo afetando os componentes de rendimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.175-182, 2009.

SOUZA, J. L.; MOURA FILHO, G.; LYRA, R. F. F.; TEODORO, I.; SANTOS, E. A.; SILVA, J. L.; SILVA, P. R. T.; CARDIM, A. H.; AMORIM, E. C. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL, período 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.1, p.131-141, 2004.

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

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; PEREIRA, J. E.; SEMIS, J. B. **Calagem e adubação do feijão-vagem, feijão-fava (ou fava-italiana), feijão-de-lima e ervilha torta (ou ervilha-de-vagem)**, Campinas: IAC, 2015.

VAZ PATTO, M. C., AMAROWICZ, R., ARYEE, A. N., BOYE, J. I., CHUNG, H. J., MARTÍN- CABREJAS, M. A., et al. Achievements and challenges in improving the nutritional quality of food legumes. **Critical Reviews in Plant Science**. V.34, p.105–143, 2015.

VIEIRA, R.F. A cultura do feijão-fava. **Informe Agropecuário**, v.16, n.174, p.30-37, 1992.

ZOZ, T.; STEINER, F.; GUIMARÃES, V. F.; CASTAGNARA, D. D.; MEINERZ, C. C.; FEY, R. Peroxidase activity as an indicator of water deficit tolerance in soybean cultivars. **Bioscience Journal**, v.29, p.1664-1671, 2013.

POTENCIAL DA UTILIZAÇÃO DE *Mimosa tenuiflora* [WILLD.] POIR. COMO BIOINDICADOR DE ÁREAS DEGRADADAS NO POLO GESSEIRO DO ARARIPE

João Paulo de Oliveira Santos¹, Soraya Giovanetti El-Deir², Kennedy Santos Gonzaga¹, Mateus Costa Batista³, Paulo Henrique de Almeida Cartaxo¹, Ana Beatriz Torres Melo de Freitas¹, Luis Eugênio Lessa Bulhões⁴

¹Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Campus II, Areia-PB, e-mail: jpos@agro.adm.br

²Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife-PE

³Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande-PB

⁴Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Rio Largo-AL

RESUMO

O Polo Gesseiro do Araripe é a principal área de produção de gesso no Brasil. No entanto, essa atividade produtiva requer o consumo de grandes quantidades de lenha da Caatinga, assim como, o desmatamento de áreas para a exploração do minério de gipsita, matéria-prima para a produção de gesso. Cenário que acaba levando a formação de áreas totalmente desfiguradas no que tange a vegetação original, o que junto com fatores ambientais como as altas temperaturas da região e as baixas taxas de precipitação, podem levar a região a um avanço da degradação ambiental, potencialmente culminando no estabelecimento do estado de desertificação. Nesse sentido, esse capítulo versará sobre a possibilidade da utilização da jurema preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poir.) como bioindicador para identificar áreas de Caatinga impactadas na região do Polo Gesseiro do Araripe. Pretende-se que este escrito sirva como base para outros estudos mais aprofundados sobre bioindicadores na região, estimulando uma reflexão a respeito do assunto.

PALAVRAS-CHAVE: Desertificação, Gipsita, Jurema preta.

1. INTRODUÇÃO

O sulfato de cálcio duplamente hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ou gipsita, como é mais conhecido, constitui-se num mineral encontrado em diversas regiões do mundo e apresenta um amplo campo de utilização, que vai da agricultura à construção civil (BALTAR et al., 2005). O Brasil possui grandes reservas do minério, estimadas em 1,2 milhões de toneladas, sendo estas localizadas nos estados da Bahia, Pará e Pernambuco, principalmente. O estado de Pernambuco possui 18% das reservas; no entanto, concentra 89% da produção nacional (DNPM, 2003).

No estado de Pernambuco, as principais reservas do minério estão localizadas em Araripina, Bodocó, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Santa Cruz, Santa Filomena e Trindade, municípios que compõem o Polo Gesseiro do Araripe. A gipsita explorada nessa área é tida como a de melhor qualidade do mundo (ARAÚJO, 2004; SILVA, 2009). Segundo dados do Sindicato das Indústrias do Gesso do Estado de Pernambuco (SINDUSGESSO), nessa região são gerados 13,2 mil empregos diretos e 66 mil indiretos, com 42 minas de gipsita, 140 indústrias de calcinação e 726 indústrias de pré-moldados em atividade, que juntas geram um faturamento anual na ordem de US\$ 300 milhões/ano.

No Polo Gesseiro do Araripe, do gesso natural obtido através da calcinação da gipsita, aproximadamente 96% destina-se diretamente ao emprego na construção civil (BARBOSA et al., 2014). O processo de calcinação carece de altas temperaturas, sendo utilizadas diversas fontes energéticas, com destaque para a energia elétrica (3%), óleo diesel (5%), óleo BPF (8%), coque (10%) e lenha (73%) (ATECEL, 2006). Além do gesso, a gipsita origina outros produtos como o gesso agrícola e constituintes para a fabricação de cimento.

Segundo Gadelha et al. (2015), atualmente, na região do Araripe existem 18 planos de manejo florestal sustentável, distribuídos nos seguintes municípios: Araripina (4), Exú (6), Ipubí (2) e Ouricuri (6). Destes, 15 estão em andamento e 3 finalizaram o ciclo de exploração. Esses planos de manejo representam 11,75% da lenha utilizada, assim os 88,24% restantes são procedentes de áreas sem licenciamento ambiental, sendo 23,49% de plantas exóticas como a algaroba e poda de plantas frutíferas, além de 52,94% de origem desconhecida (CAMPELLO, 2011).

Existe uma severa pressão antrópica sob os recursos vegetais da região, o que resulta no desmatamento da Caatinga visando a produção de lenha para a utilização nos fornos das calcinadoras, além da abertura de novas áreas de mineração, levando a formação de áreas totalmente desfiguradas no que tange a vegetação original. Esse fator, somado com as altas temperaturas da região e as baixas taxas de precipitação, pode levar a região a um avanço da degradação ambiental, potencialmente culminando no estabelecimento do estado de desertificação.

Algumas plantas da Caatinga, como a jurema preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poir.), são tidas como indicadoras de áreas degradadas ou em processo de degradação. No entanto, estudos quanto ao uso deste como bioindicador de qualidade ambiental são escassos. A importância de usar bioindicadores constitui-se em correlacionar um determinado fator, natural ou antrópico, com potencial impactante, como ferramenta na avaliação do equilíbrio ecológico (NEUMANN-LEITÃO; EL-DEIR, 2009). Assim, esse capítulo versará sobre a possibilidade da utilização da jurema preta como bioindicador para identificar áreas de Caatinga impactadas na região do Polo Gesseiro do Araripe.

Pretende-se que este escrito sirva como base para outros estudos mais aprofundados sobre bioindicadores na região, estimulando uma reflexão a respeito do assunto.

2. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO ARARIPE PERNAMBUCANO

A degradação ambiental no Araripe Pernambucano está associada, diretamente, ao beneficiamento da gipsita. Conforme as atividades mineradoras foram se expandindo, o consumo de lenha, como fonte energética para a calcinação, acompanhou o processo, levando a devastação do estoque madeireiro da região (ALBUQUERQUE, 2002). Segundo o IBAMA (2011), a Caatinga possuía 45,6% de área desmatada, até o ano de 2009. O desmatamento representa uma das causas principais do processo de desertificação (ANGELOTTI et al., 2015; VEZZANI, 2015), sendo necessário medidas mitigatórias para evitar a expansão deste processo.

Segundo o Plano de Desenvolvimento Sustentável do Sertão de Pernambuco - Condepe (1997), a região do polo gesseiro caracteriza-se por fortes pressões ao ambiente natural, contribuindo para desencadear uma série de problemas ambientais na região, dentre estes:

- a) desmatamento: provocado pela exploração extensiva da pecuária e pela utilização para fins energéticos (industrial, comercial e doméstico);
- b) erosão: resultante, entre outros fatores, de processo de desmatamento acelerado e da incidência de chuvas intensas, em períodos de curta duração;
- c) salinização de solos: decorrente de processos inadequados de manejo dos sistemas de irrigação;
- d) poluição hídrica: presente nas áreas urbanas, por conta da inexistência de tratamento dos efluentes industriais e domésticos; e nas áreas rurais, em virtude da utilização inadequada de agrotóxicos e fertilizantes, especialmente nas áreas onde é mais intensa a produção agrícola;
- e) poluição atmosférica: com ocorrência, especificamente nos municípios de Araripina e de Bodocó, em virtude do processamento da gipsita e, embora com menor intensidade, a partir das queimadas realizadas para o preparo das áreas de cultivo.

O desmatamento descontrolado e crescente, para a extração de lenha visando o abastecimento dos fornos das calcinadoras de gesso, é um dos principais fatores que levam aos processos de desertificação na região do Araripe, somando-se a isso a ocorrência das queimadas, muito comuns no preparo dos solos para o cultivo (CARVALHO, 2012). Além do desmatamento para servir de fonte energética, é necessária a retirada da vegetação nativa para a abertura e novas áreas de mineração, sendo essa ação feita em todas as minas, indiscriminadamente, visto que o pouco que resta no entorno das cavas não mostra uma relação direta com medidas de recuperação

ambiental (ARAÚJO, 2004).

Segundo dados do Relatório de Monitoramento do Bioma Caatinga (IBAMA, 2010), os municípios que compõem o Polo estão em situação crítica quando ao estado de conservação de sua vegetação original. Todos estes apresentam áreas antropizadas superiores a 50%, merecendo destaque o município de Bodocó, com 88,23 %.

Tabela 1: Panorama das áreas antropizadas de Caatinga no Araripe Pernambucano

Município	Área do município na caatinga (km ²)	Área de Caatinga antropizada até 2002 (km ²)	Área de Caatinga antropizada entre 2002-2008 (km ²)	Caatinga antropizada no município entre 2002-2008 (%)
Araripina	1847,326	1533,462	33,524	1,81
Bodocó	1554,288	1331,848	39,539	2,54
Exu	1473,187	1226,754	16,082	1,09
Granito	522,462	399,733	19,908	3,81
Ipubi	665,945	506,919	17,678	2,65
Moreilând	637,275	402,929	10,539	1,65
Ouricuri	2423,636	1797,2	50,662	2,09
Santa	1254,708	679,089	14,524	1,16
Santa	1003,153	684,78	10,683	1,06
Trindade	228,849	196,433	3,14	1,37

Fonte: Relatório de Monitoramento do bioma caatinga, 2002-2008, IBAMA (2010).

No cenário de mudanças climáticas, a região já começa a registrar sinais de alterações. Em um dos municípios do Polo, Araripina, estudos revelaram um aumento de 4°C na temperatura máxima diária entre os anos de 1961 a 2009, além de queda de 275 mm na precipitação anual (INSA, 2011). Essas características, além da forma de uso da terra, têm levado a mudanças significativas no ecossistema local (GALVINCIO et al., 2016). Neste cenário, existe um elevado potencial da instalação de um quadro de desertificação na região, de forma mais severa e permanente, provocando, dentre outras consequências, o deslocamento forçado de populações por fatores ambientais, vítimas do processo de gestão e das mudanças climáticas. Desta forma, observa-se que é relevante o estudo de bioindicadores da qualidade ambiental, buscando assim uma maior compreensão dos efeitos destes eventos na biocenose local.

3. JUREMA PRETA

No semiárido brasileiro, a jurema preta (*Mimosa tenuiflora* [Willd.] Poir.) é uma das plantas nativas de maior ocorrência (SANTOS et al., 2011). Está presente nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (OLIVEIRA et al., 1999).

Possui como sinônimos *Mimosa hostilis* (Mart.) Benth. e *Acácia hostilis* Benth. É uma espécie arbustiva, pertencente à família Mimosaceae (MAIA, 2004). Apresenta como nomes vulgares: jurema- preta, calumbi, jurema e espinheiro. Sua denominação vulgar provavelmente tem origem na cor escura da casca, que a tornou conhecida como jurema-preta (SILVA, 2012). Possui porte arbustivo, normalmente bifurcado e com galhos baixos, atinge uma altura média de 4,5m aos cinco anos de idade. Apresenta

casca rugosa com fendas longitudinais, pouco fibrosa, com acúleos no tronco, galhos e ramos (AZEVEDO, et al., 2014). Suas folhas são do tipo composta bipinada, com 4 a 7 pares e 18 a 36 pares de folíolos por pina (LORENZI, 1998; SILVA et al., 2011). A copa é aberta, de base larga, cujos ramos novos apresentam pelos viscosos (MAIA, 2004).



Figura 1. Detalhes da jurema preta. **A:** Planta adulta na Caatinga; **B:** Inflorescências
Fonte: Gerda Nickel Maia (Banco de Dados de Plantas do Nordeste/CNIP)

As inflorescências apresentam cor branca a creme, em forma de espiga ou germinadas de 4 a 8 cm de comprimento, com 4 a 6 sementes (LORENZI 1998). A floração da espécie se inicia em agosto e vai até novembro, período de ausência ou baixa precipitação pluviométrica na região semiárida, disponibilizando grande quantidade de pólen para as abelhas (MAIA, 2004; MAIA-SILVA et al., 2012). Segundo Maia (2004), a jurema preta ocorre preferencialmente em formações secundárias de várzeas, onde predominam bons teores de umidade, solos profundos, alcalinos e de boa fertilidade, locais aonde chega a crescer vigorosamente. No entanto, esta pode se propagar em áreas perturbadas e degradadas, incluindo aquelas com severo déficit hídrico (BAKKE et al., 2006), e em ambientes com solos pobres, rasos, de pH ácido e com afloramento de rochas (ARAÚJO FILHO et al., 2002).

Sua madeira possui alto potencial calorífico, alta resistência mecânica e boa durabilidade, sendo utilizada para moirões, estacas, pontes, rodas, peças de resistência, móveis rústicos, lenha e carvão (LORENZI, 1998; PAES et al., 2007; CALEGARI et al., 2016). A parte aérea da planta *in natura* ou fenada pode ser um componente importante nas dietas de caprinos, ovinos e bovinos, especialmente as rebrotas mais jovens no início das chuvas, bem como as folhas e as vagens secas, durante o período de estiagem (PEREIRA FILHO et al., 2005). Esta espécie apresenta múltiplos usos e ampla distribuição geográfica no semiárido, sendo reconhecível pela população local, podendo ser considerado um potencial bioindicador ambiental.

4. BIOINDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL

Os bioindicadores são constituídos por uma ou mais espécies, ou grupo destes, no qual a presença em um determinado ambiente, a sua abundância, distribuição e características morfológicas podem ser indicativos da ocorrência de impactos ambientais nesse dado local (CALLISTO et al., 2004). Entre as mais conhecidas espécies indicadores tem-se as plantas vasculares, as briófitas, as algas (BAGLIANO,

2012), macroinvertebrados bentônicos (BONADA et al., 2006) e diversos grupos de insetos (SANTOS et al., 2006).

Os vegetais são um grupo importante de bioindicadores ambientais, principalmente devido as suas características nutritivas e fisiológicas, uma vez que as raízes absorvem sais minerais e água, que podem estar contaminadas por metais pesados ou outros elementos tóxicos contidos no solo, na água e no ar, sofrendo estresse e diminuindo suas chances de sobrevivência (BAGLIANO, 2012). Segundo Ross (1994), as plantas com potencial de bioindicação respondem as mudanças do meio ambiente por meio de uma série de alterações, dependendo de suas necessidades específicas, sendo algumas destas:

- a) seu desaparecimento;
- b) declínio de crescimento;
- c) abundância no crescimento;
- d) aumento da capacidade de reprodução;
- e) alteração na composição florística;
- f) declínio de certas espécies.

Uma das grandes vantagens do uso de organismos bioindicadores, quando comparados aos métodos convencionais de avaliação da qualidade ambiental, está no seu menor custo, com potencial para ser empregado em avaliações acumulativas de eventos ocorridos num determinado período de tempo, resgatando um histórico ambiental que não poderia ser detectado ou determinado por outros métodos (CETESB, 2014).

5. JUREMA PRETA COMO BIOINDICADOR IDEAL

Partindo dos 10 critérios propostos por Johnson et al. (1993), pode-se analisar um possível potencial de uma espécie como bioindicador em campo. Para cada parâmetro, atribui-se um peso, tomando como base com o nível de importância do fator, sendo 1 para baixa relevância, 2 para média relevância e 3 para alta relevância (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros usados do bioindicador ideal para trabalhos em campo.

Parâmetros	Peso	Nota	Total
1. Características ecológicas bem definidas	3		
2. Distribuição geográfica	2		
3. Facilmente reconhecido por não especialista	3		
4. Longo ciclo de vida	2		
5. Ser abundante	1		
6. Taxonomia bem definida	3		
7. Ter baixa mobilidade	3		
8. Ter baixa variabilidade ecológica e gênica	2		
9. Ter possibilidade de uso em estudos de laboratório	1		
10. Ter preferencialmente tamanho grande	2		

Fonte: Pinheiro et al. (2015).

Para a espécie estudada (Jurema Preta) atribuiu-se notas de um a cinco, representando respectivamente mínima representatividade, baixa representatividade, média representatividade, boa representatividade e excelente representatividade. Espécies com valores ponderados mais altos são consideradas melhores bioindicadores do que os que apresentam menores valores (SANTOS et al., 2016).

Tabela 3. Análise dos parâmetros para escolha do bioindicador de campo.

Parâmetros	Peso	Nota	Total
1. Características ecológicas bem definidas	3	4	12
2. Distribuição geográfica	2	4	8
3. Facilmente reconhecido por não especialista	3	4	12
4. Longo ciclo de vida	2	4	8
5. Ser abundante	1	4	4
6. Taxonomia bem definida	3	5	15
7. Ter baixa mobilidade	3	5	15
8. Ter baixa variabilidade ecológica e gênica	2	4	8
9. Ter possibilidade de uso em estudos de laboratório	1	1	1
10. Ter preferencialmente tamanho grande	2	4	8
Total			91

Levando em conta a somatória dos pesos dos parâmetros e as notas atribuídas, a jurema preta alcançou 91 pontos (Tabela 3), valores superiores aos encontrados por Santos et al. (2016), ao trabalhar a mesma espécie, que obtiveram 73 pontos. Em ambos os estudos, observou-se que a espécie foi considerada como tendo grande capacidade na utilização para bioindicação.

Foram atribuídas notas quatro (boa representatividade) a sete dos dez parâmetros, sendo estes referentes às características ecológicas, distribuição geográfica, facilidade de reconhecimento, longo ciclo de vida, abundância, tamanho e baixa variabilidade ecológica e gênica. A nota reflete as características da espécie já descritas na literatura científica, que alicerçam um embasamento mais robusto, no entanto que carece mais detalhamento prático, como por exemplo, no parâmetro distribuição geográfica e abundância, que podem ser mascarados pela presença de outra espécie, como por exemplo, a algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC). Já no que tange as características ecológicas bem definidas e facilidade de reconhecimento por não especialista, apesar de ter um comportamento ecológico bem descrito e diferenças visíveis em relação a espécies do mesmo gênero, ocasionalmente pode ocorrer uma troca por outra espécie como a jurema branca (*Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke).

Os parâmetros taxonomia bem definida e baixa mobilidade receberam nota cinco (excelente representatividade), visto que diversos trabalhos descrevem por completo esse quesito (LORENZI, 1998; MAIA, 2004; SILVA et al., 2011; MAIA-SILVA et al., 2012) e por se tratar de uma planta arbórea não existe mobilidade, refletindo assim os impactos sobre a área de inserção. Somente o parâmetro referente à possibilidade de uso da espécie em estudos de laboratório recebeu nota um (mínima representatividade), a nota se deu pela dificuldade de se trabalhar com uma planta de porte relativamente grande nessas condições, restringindo esses estudos a etapas, como por exemplo, emergência de plântulas.

Segundo Araújo (2004), nas áreas onde se desenvolve a mineração no Araripe Pernambucano, a vegetação predominante é de caatinga arbustiva, sendo a principal espécie a jurema, *Mimosa sp.*. A jurema preta é a espécie mais comum nos locais degradados pela mineração no Polo Gesseiro do Araripe, mesmo o solo existente nessas áreas sendo mais pobre. A espécie ocupa quase todo o entorno das cavas, onde não há água ou onde os solos degradados ainda permitem.



Figura 2. Vista de uma mina paralisada, com algarobas e juremas ocupando alguns trechos da cava de mineração.

Fonte: Araújo (2013).

A jurema preta é uma espécie pioneira na sucessão vegetal da caatinga, indicadora de semiaridez acentuada ou de área degradada (ARAÚJO, 2004; PEREIRA NETO; FERNANDES, 2016), onde é praticamente a única espécie lenhosa presente; no entanto, a tendência ao longo do processo é a redução drástica do número de indivíduos (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 1996). Esta espécie possui elevada agressividade e, quando submetida ao corte, rebrota em qualquer época do ano (FORMIGA et al., 2011). Também é considerada com grande potencial para regenerar solos erodidos (MAIA, 2004) e áreas degradadas, preparando-as para posteriormente serem povoadas por espécies mais exigentes ao longo do processo de sucessão ecológica, devido ao fato de melhorarem as qualidades do solo, fornecendo matéria orgânica e fixando nitrogênio atmosférico (CALDAS PINTO et al., 2006; FIGUEIREDO et al., 2012).

O potencial de sucesso da espécie, mesmo em regiões tão adversas, se dá por uma série de características da planta, como por apresentar sistema radicular profundo, permitindo o seu desenvolvimento em solos degradados (ARAUJO et al., 2004), dormência das sementes, aumentando sua longevidade no banco de sementes (AZEVEDO et al., 2012), e apresentar rápido crescimento (SALES, 2008). Visto se compreender que esta espécie pode ser bioindicadora para solos rasos e pobres em nutrientes, há a necessidade de estudos complementares para elevar o conhecimento a respeito da função ecológica e das exigências ambientais da jurema preta, buscando-se especificar o ótimo processual, as particularidades fisiológicas e as respostas biológicas às intervenções antrópicas no meio.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A jurema preta apresenta características que a qualificam para a sua utilização em atividades de bioindicação, sendo comprovadamente presente em grandes quantidades em diversas áreas que sofreram intervenção antrópica. No entanto, essa ação também resulta do seu comportamento natural, visto se tratar de uma espécie pioneira. Dessa forma, para a região do Polo Gesseiro do Araripe e demais áreas do semiárido brasileiro, é necessário sua utilização concomitante com outras ferramentas, a fim da obtenção de dados mais robustos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. L. **Diagnóstico ambiental e questões estratégicas: uma análise considerando o Pólo Gesseiro do sertão do Araripe – Estado de Pernambuco.** 2002. 185f. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

ANGELOTTI, D. S.; GIONGO, V.; SIGNOR, D. Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro: Experiências e Oportunidades para o Desenvolvimento. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.08, número especial IV SMUD, p. 484-495, 2015.

ARAÚJO FILHO, J. A. et al. Efeitos da Manipulação da Vegetação Lenhosa sobre a Produção e Compartimentalização da Fitomassa Pastável de uma Caatinga Sucessional. **Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG**, v. 31, n. 1, p. 11-19, 2002.

ARAÚJO FILHO, J. A.; CARVALHO, F. C. **Desenvolvimento sustentado da caatinga.** In: ALVAREZ V.; V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS; Universidade Federal de Viçosa, p. 125-133, 1996.

ARAÚJO, L. V. C.; LEITE, J. A. N.; PAES, J. B. Estimativa da produção de biomassa de um povoamento de Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret. com cinco anos de idade. **Renabio Biomassa & Energia**, v. 1, n. 4, p. 347-352, 2004.

ARAÚJO, S. M. S. A ação do estado e o meio ambiente no Polo Gesseiro do Araripe - PE nos anos de 1990 e 2000. **Rios Eletrônica**, v.7, n. 7, p. 91-102, 2013.

ARAÚJO, S. M. S. **O Pólo Gesseiro do Araripe: Unidades geo-ambientais e impactos da mineração.** 2004. 276f. Tese de doutorado (Programa de Pós-graduação em Geociências. Área de Administração e Política de Recursos Minerais) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ATECEL – Associação Técnica Científica Ernesto Luiz de Oliveira. **Diagnóstico energético do setor industrial do polo gesseiro da mesorregião de Araripina-PE.** Campina Grande, 126p. 2006.

AZEVÊDO, T. K. B.; PAES, J. B., CALEGARI, L.; NASCIMENTO, J. W. B. Relações entre volume e massa da madeira e casca de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*). **Rev. Bras. Ciênc. Agrárias**, v.9, n.1, p.97- 102, 2014.

BAGLIANO, R.V. Principais organismos utilizados como bioindicadores relatados com uso de avaliadores de danos ambientais. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.2, n.1, p. 24-40, 2012.

BAKKE, I. A. et al. Water and sodium chloride effects on *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret seed germination. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 261-267, 2006.

BALTAR C., BASTOS F., LUZ A. “Gipsita”. **Rochas e Minerais Industriais**, CETEM, p. 449 – 470, 2005.

BARBOSA, A. A; FERRAZ, A. V.; SANTOS, G. A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso β obtido do pólo do Araripe. **Cerâmica**, v. 60, p. 501-508, 2014.

BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V. H.; STATZNER, B. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annu. Rev. Entomol.**, v.51, p.495-523. 2006.

CALDAS PINTO, M.S.; CAVALCANTE, M.A.B.; ANDRADE, M.V.M. Potencial forrageiro da caatinga, fenologia, métodos de avaliação da área foliar e o efeito do déficit hídrico sobre o crescimento de plantas. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v.7, n.4, 2006.

CALEGARI, L. et al., Quantificação de taninos nas cascas de jurema-preta e acácia-negra. **Pesq. Flor. Brasileira**, v. 36, n. 85, p. 61-69, 2016.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, JÚNIOR, J.F.; MORENO, P. **Invertebrados aquáticos como bioindicadores**. In: Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 2004. v. 1, p. 1-12.

CAMPELLO, F. C. B. **Análise do consumo específico de lenha nas indústrias gesseiras: a questão florestal e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável da Região do Araripe – PE**. 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2011.

CARVALHO, P. P. A convivência com o semiárido como estratégia para o combate à desertificação: uma experiência no Sertão do Araripe. **Agriculturas**. v. 9, n. 3, p. 18-22, 2012.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **O uso de bioindicadores vegetais no controle da poluição atmosférica**. 2014. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/informacoes-Basicas/Vegetação/8-Bioindicadores>. Acesso em 28 de maior de 2017.

DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral. **Sumário Mineral. Gipsita**. p. 80-81, 2003.

FIGUEIREDO, J. M.; ARAÚJO, J. M.; PEREIRA, O. N.; BAKKE, I. A. BAKKE, O. A. Revegetation of degraded caatinga sites. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 24, n. 3, p. 332–343, 2012.

FORMIGA, L. D. A. S. et al. Diâmetro do caule sobre a desidratação, composição química e produção do feno de Jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Wild. Poir.) **Rev. Bras. Saúde Prod. Animal**, v.12, n.1, p.22-31, 2011.

GADELHA, F. H. L. et al. Produtividade de clones de eucaliptos em diferentes sistemas de manejo para fins energéticos. **Pesq. Flor. Bras.**, v. 35, n. 83, p. 263-270, 2015.

GALVINCIO, J. D., BADARAU, M. S. BARBOSA, V. V. FREIRE, F. J. FREIRE, M. B. G. S. SOUZA, W. M. Avaliação do estágio de regeneração do bioma caatinga na microrregião do Araripe, com sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.09, n.04, p. 985-996, 2016.

IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Monitoramento do bioma caatinga, 2002-2008**. Brasília, 2010.

IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Monitoramento do bioma caatinga, 2008-2009**. Brasília, 2011.

INSA- Instituto Nacional do Semiárido. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Campina Grande: INSA-PB, 209 p. 2011.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DE PERNAMBUCO. CONDEPE. **Plano de desenvolvimento sustentável do Sertão de Pernambuco**. Recife, 109 p., 1997.

JOHNSON, R. K.; WIEDERHOLM; ROSENBERG, D. M. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates** (D. M. Rosenberg & V. H. Resh, ed.), New York: Chapman & Hall, p. 40-158, 1993.

LORENZI H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. V.2, 2a ed. Nova Odessa,SP: Plantarum. 352p., 1998.

MAIA, G. N. **Caatinga - árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z. 2004. p. 237- 246.

MAIA-SILVA, C. et al. **Guia de Plantas Visitadas por Abelhas na Caatinga**. Fortaleza: Editora Fundação Brasil Cidadão, 99 p, 2012.

NEUMANN-LEITÃO, S.; EL-DEIR, S. G. O uso de Bioindicadores no monitoramento da Qualidade ambiental. In: **Bioindicadores da Qualidade Ambiental**. Recife: Instituto Pró Cidadania, p. 19-49. 2009.

OLIVEIRA, M. R.; RODRIGUES, J. M. E.; CHIAVONE-FILHO, O.; MEDEIROS, J. T. N. Estudo das condições de cultivo da Algaroba e Jurema preta e determinação do poder calorífico. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v.14, p. 93-104, 1999.

OLIVEIRA, P. T. B. et al. Florística e fitossociologia de quatro remanescentes vegetacionais em áreas de serra no Cariri Paraibano. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p.169-178, 2009.

PAES, J.B.; MELO, R.R.; LIMA, C.R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, v.13, n.2, p.160-169, 2007.

PEREIRA FILHO J M, et al. Correlação entre o teor de tanino e a degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta do feno de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret) tratada com hidróxido de sódio. **Livestock Research for Rural Development**. v.17, art. 91., 2005.

PEREIRA NETO, M. C.; FERNANDES, E. Instabilidade emergente e aspectos de degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Seridó (RN/PB – Brasil). **Revista de Geografia** (Recife) v. 33, n. 1, 2016.

PINHEIRO, S. M. G., GONÇALVES, M. D. L. A., GONÇALVES, E. M.; EL-DEIR, S. G. Espécies vegetais do bioma caatinga com potencial como bioindicador da qualidade ambiental. In: II WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA SEMIÁRIDO, 1., 2015, Campina Grande. **Anais...** 2015. p. 1-7. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/TRABALHO_EV044_MD4_SA4_ID257_11092015000026.pdf. Acesso em: 25 de maio de 2017.

RAMOS, M. G. M. **Determinação dos Teores de Metais Pesados em Plantas Típicas dos Mangues do Rio Cubatão, SP**. 2005. 41f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva) Universidade Católica de Santos, Santos, 2005.

ROSS, S.M., **Sources and forms of potentially toxic metals in soil-plant systems**. In: Ross SM, Edit. **Toxic Metals in Soil-Plants Systems**. Chinchester: JohnWiley & Sons Ltd, p. 1-25; 1994.

SALES, F.C.V. **Revegetação da área degradada da caatinga por meio da semeadura ou transplântio de mudas de espécies arbóreas nativas em substrato enriquecido com matéria orgânica**. 2008. 60f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2008.

SANTOS, M. S.; LOUZADA, J. N. C.; DIAS, N.; ZANETTI R.; DELABIE, J. H. C; NASCIMENTO, I. C. Riqueza de formigas (Hymenoptera, Formicidae) da serapilheira em fragmentos de floresta semidecídua da Mata Atlântica na região do Alto do Rio Grande, MG, Brasil. **Iheringia**, v. 96, n. 1, 2006.

SANTOS, R. C. et al. Potencial de briquetagem de resíduos florestais da região do Seridó, no Rio Grande do Norte. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.31, n.68, p.285-294, 2011.

SANTOS, T. C. G.; LUZ, E. L. P.; EL-DEIR, S. G.. Avaliação de espécies vegetais como bioindicadores de áreas degradadas na Caatinga. In: I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1., 2016, Campina Grande. **Anais...** 2016. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV064_MD4_SA2_ID566_211_02016010959.pdf. Acesso em: 25 de maio de 2017.

SILVA, J.A.A. Potencialidades de Florestas Energéticas de Eucalyptus no Polo Gesseiro do Araripe- Pernambuco, **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, vols. 5 e 6, p.301-319, 2008-2009.

SILVA, L. B.; SANTOS, F. A. R.; GASSON, P.; CUTLER, D. Estudo comparativo da madeira de *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae-Mimosoideae) na caatinga nordestina. **Acta Bot. Bras.** [online] vol.25, n.2, p.301-314, 2011.

SILVA, S. M. **Composição química e produção de biomassa da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* WILD) Poir) submetida a diferentes alturas de cortes.** 2012. 45f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia), Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2012.

SINDUSGESSO- Sindicato das Indústrias do Gesso do Estado de Pernambuco. **Polo Gesseiro.** Disponível em: http://www.sindusgesso.org.br/polo_gesseiro.asp. Acesso em: 05 de abril de 2017.

VEZZANI, F. M. Solos e os serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física.** v, n. especial IV SMUD, p. 673-684, 2015.

PRODUÇÃO MAIS LIMPA COMO MÉTODO DE GESTÃO AMBIENTAL NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Maria de Fátima da Silva¹, Cícero Natanael de Oliveira Silva¹, Ana Regina Bezerra Ribeiro², Almir Silveira Menelau²

¹Discentes do Programa de Pós-Graduação em Administração e Desenvolvimento Rural pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, e-mail: f4tyma.adm@gmail.com.

²Docentes do Programa de Pós-Graduação em Administração e Desenvolvimento Rural pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE.

RESUMO

O método de Produção Mais Limpa - P+L pode ser adotada em todos os setores produtivos, ao entender que seu principal objetivo é evitar a geração de resíduos na fonte através do uso consciente de matérias-primas, água e energia, além da mudança de hábito na organização. Neste sentido, este estudo teve como objetivo identificar as barreiras e benefícios encontrados pelos estudos publicados nos últimos 10 anos que abordaram a Produção Mais Limpa como método de gestão ambiental na produção agrícola. Para alcançar o objetivo foi realizada uma revisão sistemática na base de dados da CAPES. Como resultado foi verificado que a P+L vem sendo utilizada em diversos setores agrícolas e tem contribuído com a eficiência produtiva, redução do consumo de água, menor desperdício de insumos, adubação orgânica, ganho de eficiência, aumento da qualidade do produto final e ganho financeiro pela redução do uso de fertilizante e mão de obra. Concluiu-se que o método P+L é importante para prevenir danos ambientais através da redução do desperdício, conscientização para hábitos mais sustentáveis e diminuição no consumo de matéria-prima, energia e água.

PALAVRAS-CHAVE: Agronegócio Sustentável, Fruticultura Sustentável, Agricultura Sustentável.

1. INTRODUÇÃO

A produção agrícola é responsável por alimentar 66% da população mundial, ocupando áreas em diversos territórios do globo, além de sua contribuição socioeconômica através da geração de emprego e renda (DIAS, 1999). No entanto, essa produção gera resíduos como: casca, caroço, sementes e bagaço, que podem representar perda de biomassa e de nutrientes, aumentando o potencial poluidor quando associado à disposição inadequada que, além da poluição do solo e do corpo hídrico, acarreta problemas de saúde pública como também contribui para o aumento do preço do produto final (ROSA et al., 2011).

Sabe-se que o principal insumo para a sobrevivência na terra é a água e cerca de 70% da água doce consumida é utilizada na produção agrícola (FIGUEIRÊDO et al., 2017). Vale destacar que a produção agrícola vem crescendo significativamente no Brasil, sendo considerado o quinto maior produtor agrícola mundial, com uma produção média de US\$ 100 bilhões e, conseqüentemente, tem aumentado o consumo de água, energia, fertilizantes, agrotóxicos, entre outros, resultando em maior acúmulo de resíduos agrícolas (TENÓRIO, 2011).

Os resíduos necessitam de destino adequado, pois, além de criar potenciais problemas ambientais, representam perdas de matérias-primas e energia, exigindo investimentos significativos em tratamentos para controlar a poluição que leva a destruição das paisagens naturais, fauna e flora (PELIZER et al. 2007; SAIDELLES et al., 2012).

No âmbito do meio ambiente, deve-se pensar na gestão ambiental como forma de benefício social, ao entender que a gestão ambiental está relacionada ao desenvolvimento sustentável. Segundo Valle (2000), a gestão ambiental consiste em um conjunto de ações bem definidas e adequadamente implantadas com o objetivo de minimizar e controlar os impactos advindos das ações de um empreendimento sobre o meio ambiente, incluindo algumas atividades que devem ser administradas, tais como: elaborar estratégias de administração do meio ambiente; assegurar que a organização esteja de acordo com as leis ambientais; implantar programa de prevenção à poluição; providenciar medidas de correção de danos ao ambiente; adequar os produtos às especificações ecológicas, além de gerenciar o programa ambiental da organização (VALLE, 2000).

Nesse contexto, a gestão ambiental é primordial e deve ser incluída em qualquer sistema organizacional a fim de estabelecer limites de responsabilidade e autoridade, junto aos princípios e valores sociais. Assim, a prática da gestão ambiental promove vantagens para as empresas, possibilitando a diminuição de problemas ambientais (BÁNKUTI; BÁNKUTI, 2014; MORI et al., 2015).

A gestão ambiental nas organizações visa manter em equilíbrio o crescimento econômico e a proteção ambiental. Neste entendimento, faz-se necessário conscientizar toda a organização sobre os efeitos na natureza (RIBAS et al., 2017). Essa temática tem uma visibilidade crescente, pois busca a conscientização ambiental por parte das empresas, nesse caso, é preciso pensar em projetos que sejam favoráveis tanto para o momento presente quanto em situações futuras (MORI et al., 2015). Assim, impõe-se uma gestão eficiente dos resíduos, de modo a viabilizar o aumento da produtividade e diminuição dos impactos ambientais.

Em uma empresa, a minimização de resíduos pode aumentar o grau de utilização dos materiais e, conseqüentemente, sua produtividade. Com isso, surge a Produção Mais Limpa (P+L) como ferramenta que auxilia na eliminação do desperdício e redução do custo de produção (CNTL, 2003).

A P+L surgiu em meados da década de 1980 como resultado de um estudo do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA, onde versa que os custos com o tratamento dos resíduos gerados pelas indústrias eram superiores ao de evitá-los na fonte. Porém, só no ano de 1992 nasceram os Centros Nacionais de P+L em 24 países, incluindo a China, que se destaca por ser o primeiro País a ter uma Lei Nacional da Promoção da P+L, com objetivo de expandir a implementação da ferramenta nas organizações e nas políticas governamentais (EL-KHOLY, 2002).

Também, no ano de 1992, a P+L foi disseminada no Brasil através do Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNTL e, em 1999, foi criada a Rede Brasileira de P+L em parceria com o Banco do Nordeste, Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável - CEBDS e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE (EL-KHOLY, 2002).

O princípio da P+L é voltado para a prevenção e proteção do meio ambiente. A abordagem assume como pressuposto que a maioria dos problemas ambientais é causada pelos processos industriais, ao entender que os atuais modelos de produção ainda estão voltados para o tratamento de resíduos no final do processo produtivo (CNTL, 2003).

A P+L é uma ferramenta eficaz e indispensável na tomada de decisão e na adequada gestão sustentável nas empresas, pois propõe que a aplicação contínua da ferramenta aumenta a eficiência produtiva e reduz os riscos de degradação ambiental, além de minimizar os desperdícios, reduzir custos e alavancar o potencial inovador das organizações (WERNER; BACARJI; HALL, 2011).

Adoção da P+L pode proporcionar a organização um retorno financeiro pela economia gerada no consumo de matéria-prima, energia e água e ganhos socioambientais pelo cumprimento da legislação ambiental evitando multas e punições, além da redução de material tóxico e emissão de gás carbônico na atmosfera (CO₂). Assim, a P+L é uma implementação holística e integrada para questões ambientais centradas na redução de resíduos na fonte (WERNER; BACARJI; HALL, 2011).

Segundo o CNTL (2003), a P+L atua como uma parte integrante de design do produto e da engenharia de processo, os problemas ambientais são resolvidos em todos os níveis e em todos os campos, através da cooperação dos colaboradores, mudanças de hábitos na organização políticas internas voltadas para o desenvolvimento sustentável e educação ambiental continuada.

A P+L é um modelo de prevenção que busca identificar como, por que e de onde surgiram os problemas ambientais, levando as empresas a identificar a melhor forma para resolvê-los (FONSECA; MARTINS, 2018). Neste contexto, a P+L é uma tática ambiental preventiva que visa reduzir a poluição na fonte.

Diante da importância do setor agrícola para o crescimento do País e do alto consumo de matéria-prima e geração de resíduos perigosos e não perigosos em sua produção, esta pesquisa justifica-se por entender que através da adoção da ferramenta P+L será possível produzir de forma mais eficiente e sustentável. Neste entendimento, o presente estudo busca identificar quais as barreiras e benefícios encontrados pelos

estudos publicados nos últimos 10 anos que abordam a Produção Mais Limpa como método de gestão ambiental na produção agrícola.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O Método desta pesquisa versa através de uma revisão sistemática da literatura. Segundo Galvão e Pereira (2014), trata-se de um tipo de investigação focada em questão bem definida, que visa identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis. Assim, este estudo analisa publicações nacionais e internacionais sobre Produção Mais Limpa como método de gestão ambiental na produção agrícola, incluídos artigos publicados em português, espanhol e inglês.

O tratamento dos dados foi realizado através do software *StArt -Systematic Review*, que auxiliou nas leituras e na sistematização dos artigos. Quanto aos meios, a pesquisa é descritiva, que, segundo Gil (2008), descreve as características de determinadas populações ou fenômenos.

Para a busca, a pesquisa recorreu nas bases de dados do portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, que após a aplicação de filtros de restrição de área temática, de requerer artigos *open access* e da definição do horizonte temporal da pesquisa, que compreendeu de janeiro de 2010 a janeiro de 2019.

As questões que nortearam a pesquisa foram:

RQ1: Quais as ações que podem ser caracterizadas como Produção Mais Limpa na produção agrícola?

RQ2: Quais os benefícios e barreiras encontrados pelos estudos publicados que abordaram a Produção Mais Limpa como método de gestão ambiental na produção agrícola?

As *strings* de busca elaboradas para responder às questões de pesquisa foram: (“Produção Mais Limpa/ produção agrícola e Método de gestão ambiental/ produção agrícola”). Para o desenvolvimento da pesquisa foram definidos critérios qualificadores de inclusão e exclusão. Os critérios de inclusão foram:

- 1) Estudos que tratem primária ou secundariamente sobre gestão ambiental na produção agrícola;
- 2) Estudos que tratem primária ou secundariamente das práticas de gestão sustentável na produção agrícola;
- 3) Estudos que tenham livre acesso nas bases escolhidas;
- 4) Estudos com resultados finais da pesquisa.

Foram definidos também os seguintes critérios de exclusão:

- 1) Estudos que não respondam à nenhuma das perguntas de pesquisa;
- 2) Estudos repetidos;
- 3) Estudos que não tenham livre acesso nas bases escolhidas;
- 4) Estudos com resultados parciais da pesquisa.

Após a verificação dos artigos, com base nos seus títulos, abstracts e introdução, foram encontrados 64 artigos a serem expostos nas próximas seções de síntese, avaliação da qualidade e resposta à pergunta de pesquisa que foram sistematização no *software* StArt.

De acordo com o quadro 2, foram extraído um total de 34 quotas que estão relacionadas com as ações de P+L e os benefícios e barreiras da P+L na produção agrícola. Assim, inicialmente foi realizada a leitura dos títulos e resumos de 64 artigos, após essa etapa foram excluídos 44 artigos, restando 20 artigos para a leitura das introduções e conclusões, onde foram excluídos mais 11 artigos e restaram 9 artigos para a leitura do texto completo e extração das quotas conforme quadro 1.

Autor/ano	Quadro 1 - Quotas extraídas dos estudos		Total quotas
	Ações de P+L	Benefícios/Barreiras	
Silva et al., (2018).	03	03	06
Santos, Queiroz e Almeida Neto, (2018).	03	02	05
Ferreira et al. (2018).	01	03	05
Pineda, Gonzalez, Mora, (2017).	01	02	03
Soares et al. (2015).	01	02	03
Baran et al. (2014).	01	01	02
Rosa e Martins (2013).	03	03	05
Torre et al. (2010).	01	02	03
Tomazela, Daniel e Ferreira, (2010).	01	01	02
Total quotas	15	19	34

Conforme quadro 2, as quotas foram extraídas de acordo com as questões de pesquisa. Assim, para a primeira que refere-se às ações que podem ser caracterizadas como P+L na produção agrícola foram extraídas 15 quotas que estão enumeradas de Q1 a Q15 nos quadros 03 e 04. A questão que trata de identificar quais os benefícios e as barreiras encontradas pelos estudos publicados que abordaram a Produção Mais Limpa como método de gestão ambiental na produção agrícola foram extraídas 19 quotas que estão enumeradas de Q1 a Q19 nos quadros 03 e 04.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo foi realizado nas bases de dados da SciELO e Google Acadêmico, onde foi possível identificar que dos 64 estudos, 42 foram realizados no Brasil, 21 na Colômbia e 1 em Portugal. As principais revistas que publicaram a temática foram *Gestão & Produção* e *Produccion + Limpia*, ambas com 11 publicações, seguida da *Production* com 04 artigos publicados entre 2010 e 2019.

Quanto ao idioma, 32 artigos foram publicados em português, 20 em espanhol e 15 em inglês. Vale ressaltar que o ano de maior volume de publicação foi 2018, seguida do ano de 2010, conforme pode ser observada no quadro 3 e 4.

Pode-se identificar que a engenharia de produção e engenharia ambiental foram às áreas que mais pesquisaram sobre o método de Produção Mais Limpa na produção agrícola nessa última década.

No estudo de Silva et al. (2018), quadro 03, pode-se entender que o uso dos princípios da P+L na cultura do melão mostram-se eficientes quando comparado com os sistemas tradicionais de irrigação por sulco e uso de fertilizantes por pulverização, assim, a forma de atuação vem aumentando a eficiência na produção do melão e na qualidade do produto ofertado ao mercado. O estudo concluiu que o uso de manta biodegradável, fertilizante na água, irrigação por gotejo que reduziu o consumo de água em 80%, adubação da terra com as folhas e ramos do melão, recolhimento das embalagens de fertilizantes e defensivos agrícolas pelos fornecedores torna a cultura de melão sustentável.

Quadro 2 - Estudo que abordam os Benefícios da Produção Mais Limpa na produção agrícola de 2010 a 2019.

Autor/ano	Objetivo/método	Ações de P+L	Benefícios
Silva et al., (2018).	Objetivo: identificar quais as práticas de Produção Mais Limpa – P+L usadas no plantio de melão em Petrolina – PE. Método: pesquisa de campo com abordagem descritiva dos dados.	Q1: Uso de manta biodegradável, Q2: Fertilizante na água, irrigação por gotejo, adubação da terra com as folhas e ramos do melão, Q3: Recolhimento das embalagens de fertilizantes e defensivos agrícolas.	Q1: Redução de 80% no consumo de água; Q2: menor desperdício de insumos, adubação orgânica; Q3: ganho de eficiência e qualidade no fruto e ganhos financeiros.
Santos, Queiroz e Almeida Neto, (2018).	Objetivo: identificar as técnicas adotadas e as oportunidades de P+L em um laticínio no Sul da Bahia. Método: Revisão da literatura, visitas técnicas e aplicações de questionário.	Q4: Controle de recebimento de matéria-prima e utilização da água da chuva e da iogurteira; Q5: Treinamento e qualificação do pessoal; Manutenção preventiva; Q6: Desligamento das máquinas entre das 18h às 21h.	Q4: Redução no pagamento de energia e água; Q5: redução na perda de produção; redução de custo com paradas desnecessárias.
Ferreira et al. (2018).	Objetivo: Elaboração de um relato técnico para analisar o potencial de projetos deecoinovação. Método: estudo de caso único, qualitativo e de natureza aplicada	Q7: Aplicados em uma usina sucroenergética com vistas ao gerenciamento adequado do processo de captação, reuso e descarte de água, visando diminuição de custos operacionais e melhoria dos aspectos ambientais.	Q6: Redução dos gastos com recursos hídricos de 20%, (economia de 7,4 milhões de reais ao ano), Q7: Aumento na disponibilidade de água para a região, redução dos riscos ecológicos e a saúde, Q8: melhora na imagem da indústria junto à sociedade.
Soares et al. (2015).	Objetivo: Análises para determinar os teores de umidade, voláteis e cinzas, além da determinação do poder calorífico superior. Método: Experimento em laboratório	Q8: Moldagem de briquetes com utilização de resíduos de pó borra de café e serragem de madeira de eucalipto	Q9: Redução de resíduo sólidos Q10: Confeção de brinquedo ecológico.
Baran et al. (2014).	Objetivo: Identificar pontos de consumo excessivo de água e propor alternativas de gestão das fontes de água através da redução do consumo. Método: Estudo de caso	Q9: Cuidado e preservação das fontes de água na região onde a empresa está inserida.	Q11: Redução no consumo de água de, aproximadamente, 11.137 m ³ por mês, o que equivale a uma economia de US\$ 99.672 por ano.
Rosa e	Objetivo: sugerir medidas de	Q10: Definir a prioridade de	Q12: Economia de 5000m ³ de

Martins (2013).	<p>P+L para a indústria sucoálcooleira.</p> <p>Método: avaliação dos processos existentes nas usinas, e levantamento dos problemas ambientais ocasionados pelos resíduos produzidos.</p>	<p>álcool ou açúcar quando a produção de ambos não for possível; Q11: Priorizar a economia de água, dispensando o processo de lavagem da cana-de-açúcar através da despalha com fogo e da cana na entrada; Q12: Usar o bagaço e a palha como combustível suplementar.</p>	<p>água; conservação do solo; Q13: Uso mínimo de agrotóxico; remoção a seco de parte das impurezas no descarregamento Q14: Uso da capacidade energética do bagaço e palhas.</p>
-----------------	---	---	---

De acordo com a quadro 2, Santos, Queiroz e Almeida Neto (2018) realizaram um estudo em um laticínio no Sul da Bahia e entenderam que adoção das técnicas da P+L pode contribuir para a melhoria dos processos produtivos e proporcionar ganhos econômicos, proteção ambiental e melhor ambiente de trabalho. O trabalho revelou que a atividade apresenta potencial poluidor, devido, principalmente, à inexistência de programas ambientais estruturados. Porém, a empresa já vinha adotando algumas práticas ambientais como: controle de recebimento de matéria-prima; treinamento e qualificação do pessoal; manutenção preventiva; utilização da água da chuva e da iogurteira; desligamento das máquinas das 18h às 21h. Com essas ações a empresa apresentava benefícios na redução no pagamento de energia e água; redução na perda de produção; redução de custo com paradas; o que proporcionou uma minimização nos impactos ambientais ganhos econômicos significativos para a empresa.

De acordo com Ferreira et al. (2018), os benefícios da P+L encontrados no seu estudo foram ambientais, econômicos e sociais, onde o primeiro estava relacionado à redução do impacto ambiental causado pelo lançamento de efluentes industriais em cursos d'água, aumento da disponibilidade de água para processos industriais com usos mais exigentes, reduzindo, conseqüentemente, a captação de água e possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada. Os benefícios econômicos foram a otimização do uso da água garantindo melhor desempenho dos processos envolvidos, apresenta uma redução nos custos de produção, aumento da competitividade, conformidade em relação à legislação ambiental, o que favorece a inserção dos produtos em mercados internacionais e redução nos fatores de cobrança pelo uso da água, e os benefícios sociais foram o reaproveitamento de água, o que proporcionou um aumento na disponibilidade de água para a região além da redução do impacto, dos riscos ecológicos e a saúde e melhora da imagem da indústria junto à sociedade.

Soares et al. (2015) realizaram um estudo para verificar a viabilidade de utilizar resíduos de borra de café e serragem de madeira de eucalipto para confeccionar brinquedos. Os autores afirmam que no Brasil e em muitos países uma grande quantidade de resíduos de borra de café é produzida e desperdiçada, no cotidiano e em indústrias de café solúvel. A serragem de madeira também é um resíduo bastante comum no Brasil, principalmente, em algumas cidades que concentram grande número de empresas que processam madeira. Assim, a moldagem de briquetes com estes resíduos sólidos é uma oportunidade de reaproveitar os resíduos para produzir um tipo de combustível proveniente de fonte renovável, contemplando também aspectos relacionados à bioenergia e Produção Mais Limpa (P+L). As análises realizadas pelos autores foram favoráveis ao reaproveitamento da borra de café, devido ao potencial energético do mesmo e a facilidade e quantidade gerando diariamente nas residências, restaurantes, cafeteria e em indústrias que fabricam café solúvel. Assim, o uso deste tipo

de resíduo de café deve ser ainda mais estudado e ampliado nas indústrias que procuram utilizar energias renováveis em seus processos.

Barana et al. (2014) abordam o alto consumo de água pela agroindústria e acrescentam que para o setor adaptar-se às tendências ambientais e manter-se competitiva no mercado precisa realizar o uso racional da água e apontam a P+L como um método que possibilita benefícios econômicos, ambientais e sociais, incluindo ações que promovam a redução no consumo de água. Este estudo de caso foi conduzido em um frigorífico de frango. A partir de análises na indústria definiram ações como fechar as torneiras durante alguns processos e, com isso, atingir uma redução no consumo de água de aproximadamente 11.137 m³ por mês, o que equivale a uma economia de US\$ 99.672 por ano. No estudo foi possível identificar que o processo de evisceração (39%) representa o maior consumo de água, seguido da escaldagem e remoção (30%) e resfriamento de carcaças por pré-montadores e refrigeradores (10%). O estudo concluiu que a implantação da P+L proporcionou uma redução no consumo de água, o que resulta em ganhos financeiramente viáveis.

No estudo de Rosa e Martins (2013), os problemas estavam relacionados à ausência de método para medir a vazão água à cal, sendo inserida de maneira empírica até obter suspensão visualmente estabilizada, perdas de açúcar pelo filtro e evaporação. Como alternativa foi sugerido definir a produção (álcool ou açúcar) de acordo com o mais vantajoso, quando ambos não forem possíveis, priorizar a economia de água, dispensando o processo de lavagem da cana-de-açúcar através da despalha com fogo e remoção a seco de parte das impurezas, evitar grandes perdas de sacarose através da separação das impurezas, usar o bagaço e a palha como combustível suplementar. Com a implantação da P+L pode-se conservar o solo, usar o mínimo de agrotóxico e usar a capacidade energética do bagaço. Portanto, pode-se entender que a implantação da P+L na indústria-de-cana de açúcar é uma ferramenta eficiente na gestão de impactos ambientais além de ser uma estratégia ambiental preventiva.

Sabe-se que a implantação da Produção Mais Limpa tem proporcionado diversos benefícios para as organizações nos âmbitos sociais, ambientais e econômicos como pode ser identificado no quadro 3. Vale ressaltar que, para a implantação da Produção Mais Limpa fazem-se necessários investimentos, tecnologias, cultura organizacional voltada para questões ambientais e mudanças de hábitos, entre outros, e quando essas variáveis estão ausentes torna-se uma barreira para a implantação e sucesso da P+L como pode ser observada no quadro 3.

Quadro 3 - Estudos que abordam as barreiras para a Produção Mais Limpa na produção agrícola de 2010 a 2019

Autor/ano	Objetivo/método	Ações de P+L	Barreira
Pineda, Gonzalez, Mora, (2017).	Objetivos. Analisar a inclusão de fatores ambientais nas microempresas agroindustriais da cidade de Villavicencio. Métodos: Diagnóstico ambiental com enfoque de Produção Mais Limpa.	Q13: Diagnóstico se centrou em analisar a localização com respeito ao Plano de Ordenamento Territorial-POT e os fatores, uso de energia, e água, resíduos e normas e licenciamento nas microempresas.	Q15: Evidenciou ausência de métodos eficiente de gestão ambiental; desconhecimento da legislação ambiental, desconhecimento do método de Produção Mais Limpa e descomprometimento de algumas empresas agrícolas. Q16: 70% das microempresas não disponibilizam de ações que podem ser caracterizadas

Torre et al. (2010).	Objetivo: Formular medidas para a otimização dos processos apoiando-se em ferramentas como o balanço de massa e o estudo de métodos, tempos e movimentos, considerando o contexto tecnológico e socioeconômico do setor.	Q14: Identificou-se que a etapa de coado apresenta o maior consumo de água e geração de resíduos sólidos (farelo)	como P+L; poucas as ações preventivas geradas para reduzir ou melhorar a gestão da água e energia
Tomazela, Daniel e Ferreira, (2010).	Objetivo: Elaborar uma metodologia que possibilitou aumentar a confiabilidade nos sistemas hidráulicos das colhedoras de cana-de-açúcar.	Q15: Acompanhamento dos modos de falhas no sistema hidráulico de cinco colhedoras.	Q17: Evidenciou-se ausência de cultura ambiental, uso de tecnologia a partir da necessidade de padronizar e aperfeiçoar os períodos de lavado-descascado e coado Q18: Ausência de sistema de informação para controle gerencial. Q19: Evidenciou ausência de tecnologia a partir da necessidade de elaborar um programa computacional para processar os dados obtidos e facilitar a tomada de decisões.

De acordo com o estudo de Pined et al. (2017), quadro 04, os autores afirmam que o setor agroindustrial gera resíduos e consome uma alta quantidade de água e energia nos seus processos e aborda como solução a implementação da P+L, ao entender que o método consegue reduzir os impactos gerados ao ambiente por este tipo de atividades. O estudo identificou que 70% das microempresas se encontravam devidamente localizadas com respeito ao Plano de Ordenamento Territorial - POT; com relação ao uso de energia e água haviam poucas ações preventivas geradas para reduzir ou melhorar a gestão destes recursos. Enquanto aos resíduos, normas e licenciamentos, foi constatado que as dificuldades presentes eram causadas pelo desconhecimento de mecanismos de gestão e implementação da P+L, por fim os autores concluíram que a implementação de estratégias de Produção Mais Limpa nas microempresas se dificulta pelo baixo investimento em ações preventivas.

Para Torre et al. (2010), a agroindústria de extração de amido de mandioca faz parte da economia da Colômbia, concentrando-se sua produção no departamento do Cauca, o processo emprega raízes frescas de mandioca, água e energia elétrica como principais recursos, gerando resíduos sólidos e líquidos cujo inadequado aproveitamento ou eliminação traz impactos ambientais e econômicos. Neste estudo formularam-se medidas para a otimização dos processos, apoiando-se em ferramentas como o balanço de massa e o estudo de métodos, tempos e movimentos, considerando o contexto tecnológico e socioeconômico do setor. Os resultados mostraram uma eficiência do processo entre 51% e 59%; identificou-se que a etapa do coado apresenta o maior consumo de água e geração de resíduos sólidos (farelo); e a etapa de sedimentação gera a maior quantidade de resíduos líquidos com elevada carga contaminante. Evidenciou-se a necessidade de padronizar e otimizar os períodos de lavado-descascado e coado por requerer os maiores tempos, aumentar a capacidade do ralado (etapa crítica que influi na eficiência do processo e qualidade do amido) e registrar a informação do processo como estratégia de controle.

De acordo com Tomazela, Daniel e Ferreira (2010), dentre as mudanças nos processos de produção está à necessidade de garantir sustentabilidade aos empreendimentos. Isso faz prever mudanças na gestão empresarial para adequar-se a um

novo modelo, com a inserção dos conceitos de Produção Limpa, Mais Limpa, Enxuta e Manutenção Produtiva Total (MPT). O estudo identificou e analisou os modos de falhas, visando à melhoria da qualidade ambiental e socioeconômica em uma indústria sucroalcooleira, promovendo a diminuição significativa do desperdício de óleo hidráulico durante o processo de colheita motomecanizada. O histórico existente no controle do planejamento da empresa, utilizado na Usina sucroalcooleira, permitiu a avaliação do desempenho operacional de colhedoras de cana-de-açúcar durante três safras. Portanto, por meio da elaboração e da efetivação de um controle total acompanharam-se os modos de falhas no sistema hidráulico de cinco colhedoras.

Neste entendimento fica evidente que as organizações têm buscado métodos que visem o equilíbrio ecológico, minimize a geração de impactos negativos ao meio ambiente e ganhe eficiência produtiva. Assim pode-se afirmar que, a P+L é uma metodologia eficaz que atende às necessidades atuais das organizações que desejam aumentar a eficiência dos processos produtivos através de um sistema de produção menos dependentes de insumos artificiais e que contribua com a saúde ocupacional e o meio ambiente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo buscou identificar as barreiras e benefícios encontrados pelos estudos publicados nos últimos 10 anos que abordaram a Produção Mais Limpa como método de gestão ambiental na produção agrícola. Como resultado pode-se identificar que os benefícios da P+L estão na redução do consumo da água; menor desperdício de insumos nas produções; adubação orgânica; ganho de eficiência e qualidade no fruto; ganho financeiro pela redução do uso de fertilizante, redução da mão de obra nos campos, redução no consumo de energia e água; redução na perda de produção; redução de custo com paradas desnecessárias; redução de resíduos sólidos e fonte energética sustentável.

As barreiras encontradas nos estudos estiveram relacionadas à ausência de ações preventivas ao meio ambiente, métodos eficientes de gestão de água e energia, desconhecimento da legislação ambiental, desconhecimento do método de Produção Mais Limpa e comprometimento dos de algumas empresas agrícolas.

Como oportunidade destaca-se que as empresas podem desenvolver ações simples no modelo produtivo, troca de equipamentos, reaproveitamento da água da chuva, mudanças no layout da empresa podem resultar em equilíbrio ambiental e ganhos socioeconômicos para empresas de quaisquer seguimentos.

Como limitação desse estudo pode-se destacar os poucos estudos que abordam a Produção Mais Limpa como método de gestão ambiental em empresas agrícolas. Como pesquisa futura recomenda-se realizar estudos com maior número de periódicos e pesquisa de campo no setor agrícola.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro e a Coordenação do Programa Pós-Graduação em Administração e Desenvolvimento Rural – PADR/UFRPE.

5. REFERÊNCIAS

- BÁNKUTI, S. M., BÁNKUTI, F. I. Gestão Ambiental e Estratégia Empresarial: um estudo em uma empresa de cosméticos no Brasil. **Revista Gestão & Produção**, n.21, v.1, p.171-184, 2014.
- BARANA, A. C; BOTELHO, V. M.B; WIECHETECK, G. K; DOLL, M. M.R.; SIMÕES, D. R.S. Uso Racional de Água em um Abatedouro de Frango no Estado do Paraná, Brasil: um estudo de caso. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.1, p.171-178, 2014.
- CNTL. **Implementação de Programas de Produção Mais Limpa**. Apostila. Porto Alegre, 2003. Disponível em: www.pha.poli.usp.br > LeArq. Acesso em 14 de set, 2019.
- DIAS, R. **Marketing Ambiental: ética, responsabilidade social e competitividade nos negócios**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 204 p.
- EL-KHOLY, O. A. Cleaner production. Arabian Gulf University, Manama, Bahrain. **Encyclopedia of Global Environmental Change**. John Wiley & Sons, 2002.
- FERREIRA, B.S.; SANTOS, D.F.L.; THAMZ, A. G. B.; REBELATO, M.G. Ecoinovação em uma Agroindústria Sucroenergética: A Implantação do Projeto de Águas Residuais Zero. **Revista Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 7, n. 1 p.131-145, 2018.
- FIGUEIRÊDO, M. C. B.; GONDIM, R. S.; ARAGÃO, F. A. S. **Produção de melão e mudanças climáticas: sistemas conservacionistas de cultivo para redução das pegadas de carbono e hídrica**. Editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 302 p.
- FONSECA, M. A. P. da; MARTINS, M. de F. Produção Mais Limpa no Setor de Cachaça: estudo em um engenho no estado da Paraíba. **Anais. ENGEMA**, 2018 disponível em <http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/381.pdf> acesso em 28 junho2019.
- GALVÃO, T.F; PEREIRA, M.G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Revista Epidemiologia Serviço e Saúde**, Brasília, 23(1):183-184, 2014.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- KIPERSTOK, A. et al. **Prevenção da Poluição**. Brasília: SENAI/DN, 2002, 290 p.
- MORI, J. S.; BRITO, I. C. P., E. de; LANCIERI, A. R.; RODRIGUES, S. A. Os benefícios da gestão ambiental como ferramenta de competitividade pelas organizações. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia – RARA** v. 7, v. 2, p. 2015.
- OLIVEIRA, L. G.L; IPIRANGA, A. S. R. Evidências da sustentabilidade inovação no caju contexto do agronegócio no Ceará – Brasil. **Revista de Administração Mackenzie**. v. 12, n. 5, p.122-150, 2011.
- PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**. n 1, v 1, p. 118-122, 2007.

PINEDA, O. I. V.; GONZALEZ, J. M.T.; MORA, M. A.T. Análise da inclusão de aspectos ambientais em microempresas agroindústrias da cidade de Villavicencio, Colômbia. **Revista Producción + Limpia** - Enero v.12, n.1, p. 115- 123, 2017.

QUEIROZ, A. Produção Mais Limpa e Aspectos Ambientais na Indústria Sucroalcooleira. **Anais 2º International Workshop | Advances in Cleaner Production, key elements for a sustainable world: energy, water and climate change**, São Paulo, 2009.

RIBAS, J. R.; VICENTE, T. V. S.; ALTAF, J. G.; TROCCOLI, I. R. Integração de ações na gestão sustentável. **Revista Eletrônica de Administração**. Porto Alegre, v.23 n.2 p. 31 – 57, 2017.

ROSA, A.S.; MARTINS, C.P.S. Produção mais Limpa nas fontes geradoras de poluição da indústria de açúcar e álcool. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v.6, n.2, p. 90-125, 2013.

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T. LEITÃO, R. C. Valorização de Resíduos da Agroindústria. II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais - Foz do Iguaçu, Paraná, 2011.

SAIDELES, A.P. F.; SENA, A. J. T.; KIRCHER, R.; BITENCOURT, G. Gestão de resíduos sólidos na indústria de beneficiamento de arroz. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p. 904 - 916, 2012.

SANTOS, F.F; QUEIROZ, R.C.S; ALMEIDA NETO, J.A. Avaliação da aplicação das técnicas da Produção Mais Limpa em um laticínio no Sul da Bahia. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 25, n. 1, p. 117-131, 2018.

SILVA, M.F; OLIVEIRA, C. N. O; RIBEIRO, A. R. B. CORREIA, R. C.; ARAÚJO, J.L.P. produção mais limpa na cultura do melão em Petrolina – PE: uma parceria entre a EMBRAPA semiárido e os produtores locais. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 16, número suplementar, p. 37-41, 2018.

SOARES, L.S.; MORIS, V.A.S.; YAMAJI, F.M.; PAIVA, J.M.F. Utilização de Resíduos de Borra de Café e Serragem na Moldagem de Briquetes e Avaliação de Propriedades. **Revista Matéria**, v.20, n.2, p. 550 – 560, 2015.

TENÓRIO, R. Agricultura - Do subsídio à Política Agrícola. **A revista de informações e debates do Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada**, v. 68, 2011.

TOMAZELA, M.; DANIEL, L. A.; FERREIRA, J.C. Administração Limpa e Enxuta em Sistemas Hidráulicos de Colhedoras de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.358-366, 2010.

TORRES, P. PÉREZ, A; MARMOLEJO, L.F; ORDÓÑEZ, J.A; GARCÍA, R. E. Um Olhar à Agroindústria de Extração de amido de mandioca, desde a padronização de processos. **Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia**, n.14, p. 23-38, 2010.

VALLE, C. E. **Como se Preparar Para as Normas ISO 14000: Qualidade ambiental.** São Paulo: Pioneira, 2000.

WERNER, E. de M.; BACARJI, A. G.; HALL, R. J. Produção Mais Limpa: conceitos e definições metodológicas. **Revista INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção**, v. 03, n. 2, p. 46-58, 2011.

SELETIVIDADE DE BIOFERTILIZANTE SOBRE *Marava arachidis* YERSIN, 1860 (Dermaptera: Labiidae)

Lylian Souto Ribeiro¹, Angélica da Silva Salustino¹, Rosângela Miranda¹, Maria Sônia Lopes Silva¹, Khyson Gomes Abreu¹, Kennedy Santos Gonzaga¹, Carlos Henrique de Brito¹

¹Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Campus II, Areia-PB, e-mail: lyliansoutoribeiro@gmail.com

RESUMO

O uso de biofertilizantes vem assumindo um papel importante para a produção agrícola. Essas formulações resultantes da decomposição de compostos orgânicos contêm células vivas ou latentes de microrganismos, capazes de promover o crescimento vegetal pelo suprimento de nutrientes, tornando disponível formas não assimiláveis de elementos por meio de processos biológicos. Atualmente no Brasil, diversos biofertilizantes têm sido utilizados em diferentes cultivos, destacando-se o Vairo, produzido a partir da fermentação anaeróbica do esterco bovino. Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo estudar a seletividade do biofertilizante Vairo sobre o predador *Marava arachidis*. A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Zoologia de Invertebrados do CCA/UFPB. As tesourinhas foram submetidas à aplicação tópica do biofertilizante Vairo em diferentes concentrações (0; 20; 30 e 40%). Após a aplicação do biofertilizante, os insetos foram individualizados em potes plásticos e alimentados com a dieta artificial. Foram avaliados os seguintes parâmetros: viabilidade e duração dos instares. Observou-se que, todas as concentrações (20, 30 e 40%) do biofertilizante Vairo alteraram o desenvolvimento do predador *M. arachidis*, apresentando redução na duração do II, III, IV instar e adulto, com média de 13, 10 e 7 dias respectivamente. Quanto a viabilidade evidenciou-se que, independente da concentração utilizada não ocorreu variação nos instares. Com isso fica claro que, o biofertilizante Vairo quando aplicados em concentrações de 20, 30 e 40% causa redução do período ninfal de *M. arachidis*, mas, não afeta sua viabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Compostos orgânicos, Viabilidade, Predador.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um grande potencial como produtor de alimentos. Segundo dados da FAO (2015), até 2024 o uso da terra para as principais safras (oleaginosas, grãos, cana de açúcar e algodão) deve alcançar 69,4 milhões de hectares, 20% a mais do que a área ocupada em 2014. Além de área de cultivo a produtividade agrícola vem apresentando uma forte dependência aos fertilizantes químicos, utilizados justamente, para elevar a produção (BHARDWAJ et al., 2014).

Embora a eficiência de fertilizantes no aumento da produção agrícola seja notória, estudos tem comprovado que o uso de fertilizantes químicos pode apresentar efeitos negativos aos ecossistemas, como por exemplo, a redução de algumas espécies de insetos, como observado por Salustino et al., (2019), quando verificaram que campos fertilizados com produtos químicos, apresentavam uma menor incidência de insetos predadores quando comparadas a áreas não fertilizadas.

Uma opção para a substituição da adubação química, é o uso de biofertilizantes, formulações resultantes da fermentação de materiais orgânicos de origem animal ou vegetal, podendo ser produzidos a partir da fermentação aeróbica ou anaeróbica (SANTOS et al., 2014). Esses compostos apresentam em sua composição células vivas ou latentes de microrganismos eficientes, capazes de promover o crescimento vegetal pelo suprimento de nutrientes, por meio da capacidade de tornar disponível formas não assimilável de elementos por meio de processos biológicos (NAGANANDA et al., 2010; ALFA et al., 2014; MINGORANCE, 2015).

O uso desses compostos atua nas plantas favorecendo sua nutrição além de auxiliar na defesa fitossanitária, proporcionando as plantas maior tolerância ao ataque de pragas (RODRIGUES et al., 2016). Podendo ser aplicados de diferentes formas, uma delas é via água de irrigação (biofertilização) com aplicação no solo, outra é por aplicação via foliar considerada a mais eficaz quanto a absorção de nutrientes pela planta (SENGIK et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2017).

Atualmente no Brasil, diversos biofertilizantes têm sido utilizados em diversos cultivos, destacando-se o Vairo composto orgânico formulado por Vairo dos Santos em 1992. Este é produzido a partir da fermentação metanogênica ou anaeróbica do esterco bovino, com comprovada eficácia no aumento da produtividade de melão (PINTO et al., 2008).

Santos e Sampaio (1993), ainda destacam outras funções para o biofertilizante Vairo, esses autores observaram que este composto possui propriedades adesivas capazes de provocar a aderência de insetos sobre a superfície do tecido vegetal, impedindo-o de se locomover e se alimentar e em consequência morrendo por inanição. Os autores também concluíram que o biofertilizante “Vairo”, aplicado em concentrações acima de 50%, possui efeito inseticida e acaricida, controlando pulgão, ácaro vermelho, ácaro branco, mosca-das-frutas, lagartas, vaquinhas, percevejos e cochonilhas.

Assim como os biofertilizantes também apresentam ação inseticida para pragas de algumas culturas tal como lagartas, é importante constatar se seus efeitos se estendem para insetos predadores como os dermápteros.

Algumas espécies de dermapteros são conhecidas por apresentarem um potencial predatório considerável em programas de controle biológico como é o caso de *Euborelia annullipes* e outros apresentam grande potencial para serem introduzidas em programas desse tipo como é o caso da *Marava arachidis* Yersin, 1860.

Os Dermapteros apresentam alta voracidade em virtude de sua estrutura corpórea que é modificada entre as espécies, podendo ser de tamanhos pequenos a médios, alongados e achatados, prógnatos (peças bucais direcionadas para frente), antenas curtas a moderadas, pernas curtas; estágios imaturos (ninfas) parecem pequenos adultos.” (GULLAN; CRANSTON, 2017). São predadores principalmente de ovos e fases imaturas de insetos pertencentes as ordens Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera e Diptera (SILVA, 2009).

Diante do exposto o objetivo desse trabalho foi avaliar a seletividade do biofertilizante Vairo sobre o predador *Marava arachidis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Zoologia dos Invertebrados do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, PB, à temperatura de $25 \pm 1^\circ \text{C}$ e fotofase de 12 horas.

Criação e manutenção de *Marava Arachidis* em laboratório

Os indivíduos de *M. arachidis* foram individualizados em recipientes plásticos com capacidade de 500 mL, em cada recipiente foram mantidos com tampa vedada a fim de evitar fugas, os insetos foram acomodados no interior de cada recipiente contendo dieta artificial, utilizando ração inicial para frango de corte peneirada, farelo de trigo, leite em pó, levedo de cerveja e nipagin, segundo GUIMARÃES et al., 2006.

Nos recipientes também foram adicionados pequenos pedaços de papel absorvente, enrolados e umedecidos, estes trocados a cada dois dias, visando manter uma alta umidade dentro dos recipientes e fornecer proteção para as tesourinhas. A alimentação foi fornecida em pequenos recipientes de plástico com 5 cm de diâmetro e trocadas a cada dois dias para evitar a proliferação de fungos, tanto os adultos quanto as ninfas de *M. arachidis* foram alimentadas com a mesma dieta artificial. Após a liberação das ninfas, cada prole foi separada de seus pais após três a quatro dias e transferidas para outro recipiente com o intuito de não ocorrer canibalismo entre pais e filhos.

Fabricação do biofertilizante

O biofertilizante Vairo foi produzido por fermentação anaeróbica, em tonel plástico com capacidade para 100 litros, no qual foi colocado esterco fresco de bovino e água em partes iguais, deixando um espaço vazio entre a solução e a boca do tonel, para escapamento do gás metano resultante da fermentação. Neste espaço foi colocada uma mangueira plástica tendo uma das extremidades em contato com o espaço vazio interno e a outra imersa em água contida em uma garrafa plástica transparente, por meio da qual foi acompanhado o processo de fermentação. Aos trinta dias, final da fermentação, o tonel foi aberto, coando-se o líquido e preparando as soluções desejadas para compor os testes de seletividade de *M. arachidis*.

Testes de seletividade sobre *Marava arachidis*

Os testes com *M. arachidis* para constatação da seletividade ao biofertilizante Vairo foram realizados em três concentrações onde, C1: 20%, C2: 30%, C3: 40%, (biofertilizante diluído em água de acordo com cada %) e como tratamento controle utilizou-se água destilada na concentração 0%. A aplicação do biofertilizante sobre os insetos de 1º, 2º, 3º, 4º instar e adultos foi através de imersão por 40 segundos para todas as concentrações. Os parâmetros avaliados foram duração do instar e viabilidade das ninfas.

A taxa de sobrevivência dos insetos foi determinada após a aplicação das concentrações do biofertilizante, sendo as avaliações realizadas no intervalo de 72 horas.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em arranjo fatorial de 5 x 4 (instares/adultos x concentrações do biofertilizante Vairo/testemunha), com 10 repetições para cada tratamento, sendo a unidade amostral constituída por cinco insetos. Após a exposição ao biofertilizante, os insetos foram mantidos em potes plásticos de 500 mL contendo papel umedecido em água destilada e dieta artificial, utilizada para a criação massal dos insetos em laboratório, alocados em sala climatizada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 1, verifica-se que todas as concentrações (20, 30 e 40%) do biofertilizante Vairo alteraram o desenvolvimento do predador *M. arachidis*, apresentando redução na duração do II, III, IV e V instar. A redução do período ninfal para o II, III, IV e adulto foi em média de 10, 13, 10 e 7 dias respectivamente.

Tabela 1. Duração do período ninfal e adultos de *Marava arachidis* sob efeito de diferentes concentrações do biofertilizante Vairo.

Concentrações (%)	Instar (dias)				
	I-II	II-III	III-IV	IV-V	V
0	8,7a	22,9a	36,6a	44,4a	54,2a
20	10,8a	11,9b	23,7b	34,3d	47,2b
30	10,7a	12,3b	22,5b	34,3b	45,4b
40	9,1a	12,2b	22,1b	33,8c	47,2b

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\leq 0,005$).

Como comprovado em nossos resultados, o biofertilizante Vairo nas condições que foi testado, influenciou o desenvolvimento do predador *M. arachidis* provocando um efeito retardatório sobre a duração do seu período ninfal. Efeito retardatório no ciclo de vida de insetos provocados pela aplicação do biofertilizante Vairo, também foi constatado por Santos & Sampaio (1993), quando avaliaram sua influência contra pulgões e moscas-das-frutas.

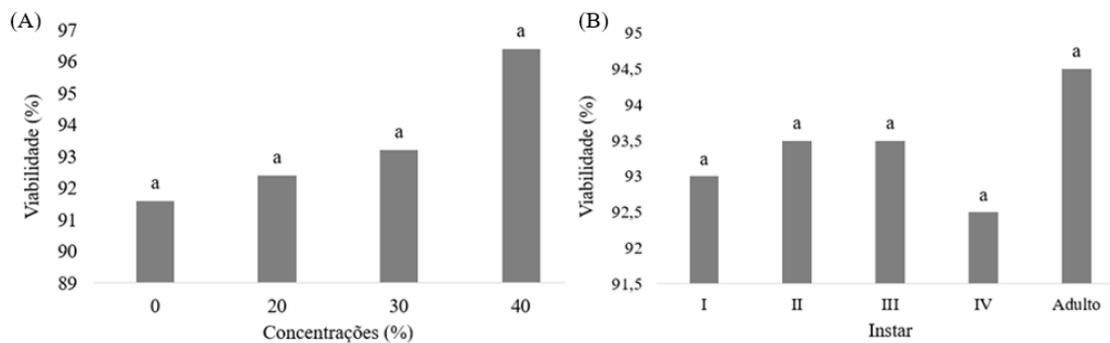
Este comportamento pode estar relacionado a um conjunto de reações do organismo dos insetos, provavelmente resultante de perturbações metabólicas. Um

estresse físico e/ou infeccioso, produzidos pelo biofertilizante, pode ter alterado o comportamento de ecdise das tesourinhas. Esses efeitos podem ter um significado prático se esse resultado vir a ser confirmado em experimento em campo, segundo MEDEIROS, 2002.

A redução do período ninfal do predador *M. arachidis*, neste caso, é visto como algo prejudicial, pois, desde o primeiro instar o inseto já inicia a predação e permanece predando até a fase adulta. Ou seja, uma vez reduzida a longevidade do inseto consequentemente reduzirá seu nível predatório e sua contribuição para manter a estabilidade do equilíbrio biológico.

Ao avaliar a viabilidade de *M. arachidis* constatou-se que não houve interação entre as concentrações do biofertilizante Vairo e os instares do inseto, o que indica que independente da concentração utilizada não ocorreu variação na viabilidade dentro dos instares Figura 1.

Gráfico 1. Viabilidade de *Marava arachidis* sob efeito de diferentes concentrações do biofertilizante Vairo (A) e instares (B).



Estudando a ação de biofertilizantes sobre o ácaro *Brevipalpus phoenicis* Medeiros (2002) constatou que, o biofertilizante estudado apresenta baixa taxa de toxicidade aguda, visto que não ocorreu morte rápida, no entanto, foi constatado pelo autor que estes podem ocasionar um efeito crônico sobre os insetos. Tal fato pode explicar nossos resultados referentes a viabilidade e a classificação da seletividade de biofertilizantes a *M. arachidis*, as quais não apresentaram elevadas alterações decorrente dos biofertilizantes analisados.

Apesar de não haver diferença estatística em relação a viabilidade ninfal, podemos verificar que os adultos apresentaram uma maior taxa de viabilidade. Resultados esses que estão em concordância com os obtidos por Faleiro et al. (1995), Simões et al. (1998) e Bacci et al. (2001) estudando o predador *D. luteipes* podendo está relacionados com a espessura do exoesqueleto e com o avanço da idade do inseto o que torna estes mais resistentes ao meio em que vivem (HACKMAN, 1974; HOLLINGWORTH, 1976).

De acordo com Nunes & Leal (2001) os biofertilizantes atuam com maior eficiência na repelência de insetos adultos, no entanto, podem apresentar ação inseticida matando principalmente as formas jovens de insetos. Algumas espécies podem ser controladas por estes inseticidas biológicos como os pulgões, ácaros, mosca das frutas, lagartas, vaquinhas, percevejo e cochonilhas (Vairo, 1992).

4. CONCLUSÕES

O Biofertilizante Vairo quando aplicados em concentrações de 20, 30 e 40% causa redução do período ninfal de *M. arachidis*, mas, não afeta sua viabilidade.

5. REFERÊNCIAS

ALFA, M. I. et al. Assessment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppings. **Renewable Energy**, v. 63, p. 681–686, 2014.

BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; GUSMÃO, M.R.; CRESPO, A.L.B.; PEREIRA, E.J.G. Seletividade de inseticidas a *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera: Aphididae) e ao Predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, n.4, p. 707-713, 2001.

BHARDWAJ, D. et al. Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. **Microbial cell factories**, v. 13, n. 1, p. 66, 2014.

FAO. **Perspectivas agrícolas no Brasil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024**, 2015.

FALEIRO, F.G.; PICANÇO, M.C.; PAULA, S.V.; BATALHA, V.C. Seletividade de inseticidas a *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e ao predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n. 2, p. 247-252, 1995.

GUIMARÃES, M.R.F., et al. **Avanços na Metodologia de Criação de *Doru luteipes*** (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forficulidae). Sete Lagoas – MG, 7p, 2006.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Insetos: fundamentos da entomologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2017. 423 p.

HACKMAN, R.H. Chemistry of the cuticle, p. 216-270. In: ROCKSTEIN, M. (ed.), **The physiology of Insecta**. New York, Academic, 548p., v. 6, 1974.

HOLLINGWORTH, R. M. The biochemical and physiological basis of selective toxicity, p. 431-506. In: WILKINSON, C.F. (ed.), **Insecticide biochemistry and physiology**. New York, Plenum, 768p., 1976.

MEDEIROS, M. B. **Ação de biofertilizantes líquidos sobre a bioecologia do acaro *Brevipalpus phoenicis***. 2002. 123 f. Tese (Doutorado) - Curso de Entomologia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Cap. 4.

MINGORANCE, M. D. Field approach to mining-dump revegetation by application of sewage sludge co-compost and a commercial biofertilizer. **Journal of Environmental Management**, v. 158, p. 95–102, 2015.

NAGANANDA, G. et al. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid. **International Journal of Botany**, p. 1–10, 2010.

NUNES, M. U. C.; LEAL, M. L. S. Efeito da aplicação de biofertilizante e outros produtos químicos e biológicos, no controle da broca pequena do fruto e na produção do tomateiro tutorado em duas épocas de cultivo e dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, 53-59, 2001.

OLIVEIRA, D., SCHNEIDER, S.; MARQUES, F. C. Contextualização e práticas criativas na agricultura ecológica de Ipê e Antônio Prado/RS: o biofertilizante Super Magro como objeto epistêmico. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [s.l.], v. 41, p.83-104, 2017.

PATEL, P.N.; HABIB, M.E.M. Biological and behavioral studies of na ovoviviparous earwig, *Marava arachidis* (Yersin, 1860) (Dermaptera: Forficulidae). **Revista Biologia Tropical**, v. 26, n. 2, p. 385-389, 1978.

PINTO, J. M. et al. Cultivo orgânico de meloeiro com aplicação de biofertilizantes e doses de substância húmica via fertirrigação. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 280–286, 2008.

RODRIGUES, V. W. B., BUENO, T. V., & TEBALDI, N. D. Biofertilizantes no controle da mancha bacteriana (*Xanthomonas* spp.) do tomateiro. **Summa Phytopathologica**, [s.l.], v. 42, n. 1, p.94-96, 2016.

SALUSTINO, A. S. et al. Diversity of Coleoptera in Maize Crops (*Zea mays* L.) and a Secondary Succession Area in Paraíba, Brazil. **Journal Of Agricultural Science**, v. 11, n. 10, p.322-329, 2019.

SANTOS, A. P. et al. Produtividade e qualidade de frutos do meloeiro em função de tipos e doses de biofertilizantes. **Horticultura Brasileira**, [s.l.], v. 32, n. 4, p.409-416, 2014.

SANTOS, A. C. V.; SAMPAIO, H. N. **Efeito do biofertilizante líquido obtido da fermentação anaeróbica do esterco bovino, no controle de pragas prejudiciais à lavoura de citros**. In: SEMINÁRIO BIENAL DE PESQUISA, 6. Resumos. Seropédica: UFRRJ, 78p 1993.

SENGIK, E. et al. Efeito da aplicação foliar de biofertilizantes, bioestimulantes e micronutrientes na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, [s.l.], v. 25, n. 2, p.315-321, 2003.

SILVA, A. B.; BATISTA, J. L.; BRITO, C. H. Predatory capacity of *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847) on *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 7-11, 2009.

SIMÕES, J.C.; CRUZ, I.; SALGADO, L.O. Seletividade de Inseticidas às Diferentes Fases de Desenvolvimento do Predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n.2, p. 289-294, 1998.

SELETIVIDADE DE INSETICIDAS UTILIZADOS NO CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* SMITH, 1797 (LEPIDORPERA: NOCTUIDAE) SOBRE *Marava arachidis* YERSIN, 1869 (DERMAPTERA: LABIIDAE)

Maria Sônia Lopes da silva¹, Maria Ítala Alves de Souza², Lylian Souto Ribeiro¹, Angélica da Silva Salustino¹, Kennedy Santos Gonzaga¹, Francisco de Assis Romero Mota¹, Carlos Henrique de Brito¹

¹Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Campus II, Areia-PB, e-mail: sonia_cg_10@hotmail.com

²Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró-RN

RESUMO

A espécie *Marava arachidis* Yersin, 1860 (Dermaptera: Labiidae) em virtude do seu comportamento generalista, vem se destacando como um importante agente de controle biológico, o hábito alimentar desse dermáptero demonstra que esse predador apresenta potencial e possibilidade de uso em programas de controle biológico sobre diferentes pragas em diversas culturas, além de poder ser usado juntamente com outras medidas de controle. O objetivo do trabalho foi avaliar a seletividade de inseticidas utilizados no controle de *S. frugiperda* Smith, 1797 (Lepidoptera: Noctuidae) sobre *Marava arachidis* (Yersin, 1869) (Dermaptera; Labiidae). A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Zoologia dos Invertebrados, localizado no Departamento de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB). Para verificar o efeito dos inseticidas aplicados diretamente sobre ninfas e adultos de *M. arachidis* os insetos foram expostos aos seguintes inseticidas químicos: Flubendiamida, Cipermetrina, Metomil, Clorpirifós e *Bacillus thuringiensis*. Foi determinada a taxa de sobrevivência e mortalidade dos insetos quando submetidos às dosagens recomendadas para o controle de *Spodoptera frugiperda* dos inseticidas, sendo as avaliações realizadas nos intervalos de 6, 12, 24, 48 e 72 horas após a exposição dos insetos aos inseticidas. Dentre os tratamentos utilizados, os inseticidas Flubendiamida, Metomil e *B. thuringiensis* foram seletivos, mostrando-se inócuos a *M. arachidis*, podendo ser utilizados em programas de Manejo Integrado de Pragas. Entretanto, os inseticidas Cipermetrina e Clorpirifós, não apresentaram seletividade, mostrando-se altamente tóxicos ao predador.

PALAVRAS-CHAVE: Toxicidade, Produtos químicos, Tesourinha.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma importante cultura para a alimentação humana e animal. No Brasil, a área cultivada estimada com essa cultura é de 17.536,9 milhões de ha, para safra 2019/2020, correspondendo a uma produção de 98.710,6 milhões de toneladas com produtividade média de 5.629 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

A ocorrência de vários fatores associados com insetos pragas, juntos ou individualmente podem afetar significativamente a produção de milho. Dentre os insetos-praga, destacamos a *Spodoptera frugiperda* Smith, 1797 um inseto polífago que se alimenta de muitas espécies de plantas, sendo considerada uma praga destrutiva para muitas culturas agrícolas de grande impacto econômico, como o milho (VARGAS-MÉNDEZ et al., 2019).

O controle químico é considerado o principal método utilizado para controlar esta praga, porém apresenta algumas desvantagens, quando utilizado de forma inadequada provocando a possibilidade de não seletividade aos inimigos naturais, ressurgência de pragas e seleção de insetos resistentes, além de contaminação humana e ambiental (BARBOSA et al., 2015).

Para minimizar tais problemas, a seletividade de inseticida para inimigos naturais é reconhecida como um componente-chave no manejo de pragas de insetos, ou seja, a seletividade de um inseticida para insetos benéficos é uma característica importante, pois busca sempre preservar as espécies benéficas. Sendo assim, a seletividade de um inseticida pode ser definida como a capacidade do produto em controlar o inseto-praga em questão, com o menor impacto possível sobre os organismos benéficos (MARI; GUERREIRO, 2015). Deste modo, a escolha de um inseticida seletivo é primordial para a preservação dos inimigos naturais (TORRES; BUENO, 2018).

Dentre os inimigos naturais a maioria dos dermapteros são predadores generalistas e, como tal, geralmente são considerados importantes agentes de controle natural de pragas agrícolas (CAMPOS et al., 2011). Sendo assim, os insetos desta ordem têm despertado grande atenção, devido sua utilidade na agricultura, pois apresentam uma alta voracidade, principalmente sobre ovos e fases imaturas de insetos pertencentes às ordens Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera e Diptera (SILVA; BATISTA; BRITO, 2010).

A espécie *Marava arachidis* (Yersin, 1860) (Dermaptera: Labiidae) em virtude do seu comportamento generalista, vem se destacando como um importante agente de controle biológico, o hábito alimentar desse dermáptero demonstra que esse predador apresenta potencial e possibilidade de uso em programas de controle biológico sobre diferentes pragas em diversas culturas, além de poder ser usado juntamente com outras medidas de controle.

Existe déficit de pesquisas relacionadas à espécie *M. arachidis*, apesar da importância relatada, pouco se sabe sobre o efeito dos inseticidas nesse predador, havendo necessidade de maiores estudos sobre a seletividade de inseticidas a este predador e a difusão dos resultados para posterior recomendação no controle biológico de insetos. Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade de inseticidas utilizados no controle *S. frugiperda* sobre *M. arachidis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Zoologia dos Invertebrados do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia, PB, à temperatura de $25 \pm 1^\circ \text{C}$ e fotofase de 12 horas.

2.1. Criação de *M. arachidis*

A criação de *M. arachidis* foi estabelecida e mantida no laboratório de Zoologia dos Invertebrados, localizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, CCA-UFPB, a temperatura de $25 \pm 1^\circ \text{C}$, umidade de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Os indivíduos de *M. arachidis* foram individualizados em recipientes plásticos com capacidade de 500ml, cada recipiente foi mantido com tampa vedada a fim de evitar fugas, no interior de cada recipiente os insetos foram alimentados com dieta artificial, utilizando ração inicial para frango de corte peneirada, farelo de trigo, leite em pó, levedo de cerveja e nipagin, segundo Guimarães et al. (2006).

Nos recipientes também foram adicionados pequenos pedaços de papel absorvente, enrolados e umedecidos, sendo estes trocados a cada dois dias, visando manter uma alta umidade dentro dos recipientes e fornecer proteção para as tesourinhas. A alimentação foi fornecida em pequenos recipientes de plástico com 5 cm de diâmetro e trocadas a cada dois dias para evitar a proliferação de fungos, tanto os adultos quanto as ninfas de *M. arachidis* foram alimentadas com a mesma dieta artificial. Após a liberação das ninfas, cada prole foi separada de seus pais após três a quatro dias e transferidas para outro recipiente com o intuito de não ocorrer canibalismo entre pais e filhos.

2.2. Efeito dos inseticidas aplicados diretamente sobre ninfas e adultos de *M. arachidis*

Para a realização deste experimento, ninfas de 1º, 2º, 3º, 4º ínstar e adultos desse predador, foram individualizadas em potes plásticos, nas mesmas condições descrita anteriormente para as criações. Os produtos utilizados foram: Flubendiamida (DC=0,1 ml/200ml), Cipermetrina (DC=0,12ml/200ml), Metomil (DC=0,4ml/200ml), Clorpirifós (DC=0,25ml/200ml) e *Bacillus thuringiensis* (DC=0,2g/200ml). A dosagem de campo utilizada para os produtos, foram preparadas considerando 200mL de calda, sendo o tratamento testemunha constituído por água destilada. A dose utilizada de cada produto foi a recomendada para o controle de *S. frugiperda* na cultura do milho de acordo com o MAPA, (2019), estando de acordo com as recomendações propostas por Hassan (1994).

Cada dosagem foi aplicada com um borrifador manual em ninfas de 1º, 2º, 3º, 4º ínstar e adultos em placas de petri e depois transferidas para os potes plásticos. Sendo utilizados 1500 insetos do predador, distribuídos em seis tratamentos, com 10 repetições cada, constituindo 250 insetos/tratamento.

A mudança de ínstar do predador foi observada diariamente, sendo a ocorrência de ecdises registrada quando observada a presença de exúvias nos potes plásticos ou observando-se a coloração das ninfas. O período de cada ínstar de *M. arachidis*, foi obtido, registrando-se o intervalo em dias, entre ecdises. Foi determinada a taxa de sobrevivência e mortalidade dos insetos quando submetidos às dosagens dos

inseticidas, sendo as avaliações realizadas nos intervalos de 6, 12, 24, 48 e 72 horas após a exposição dos insetos aos inseticidas.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, os valores obtidos de cada parâmetro foram submetidos a análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os inseticidas foram classificados segundo índices de toxicidade propostos pela IOBC/WPRS (DEGRANDE et al., 2002), conforme as médias de mortalidade, em: 1) Inócuo (<30%); 2) Levemente nocivo (30-79%); 3) Moderadamente nocivo (80-99%); e 4) Nocivo (>90%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar a duração dos ínstars, verificou-se que, o tratamento metomil apresentou um aumento na duração do primeiro, segundo e terceiro ínstar de *M. arachidis*, o mesmo aconteceu com os indivíduos do terceiro ínstar para o tratamento flubendiamida. Os tratamentos metomil e *Bacillus thuringiensis* proporcionaram um aumento na duração do segundo e terceiro ínstar desse predador. Devido ao fato dos inseticidas cipermetrina e clorpirifós apresentarem nocividade a *M. arachidis*, não foi possível avaliar a duração do ínstar para esses tratamentos.

Resultados semelhantes ocorreram em trabalhos com *Euborellia annulipes*, quando tratados com *B. thuringiensis*, resultando em uma maior duração nas fases de segundo e terceiro ínstar do predador *E. annulipes* (BANDEIRA, 2009).

A viabilidade das ninfas de *M. arachidis* após a aplicação dos tratamentos com flubendiamida e *B. thuringiensis* variou entre 90 e 100% nos indivíduos em todos os estágios de desenvolvimento. O segundo ínstar de *M. arachidis*, mostrou-se suscetível ao tratamento cipermetrina, já o metomil apresentou boa interação com os indivíduos do segundo, terceiro e quarto ínstar, porém, em ninfas de primeiro ínstar causou uma redução de mais de 40% (Tabela 1). Para o tratamento clorpirifós, foi observado alta redução na viabilidade de *M. arachidis* em todos os ínstars sendo, portanto, classificado como nocivo a esse predador (classe 4).

Tabela 1. Viabilidade de ninfas e adultos (%) de *Marava arachidis*, 72hs após a aplicação dos tratamentos

Tratamentos	Sobrevivência (%)				
	Ínstar				
	I	II	III	IV	Adulto
Testemunha	93,3Aa	100Aa	100Aa	100Aa	100Aa
Flubendiamida	94,1Aa	98,3Aa	97,6Aa	97Aa	97,3Aa
Cipermetrina	15ABc	9,6Bb	14,3ABb	21Ab	15,3Abb
Metomil	58,6Bb	99Aa	97,3Aa	100Aa	97,6Abb
Clorpirifós	0Cd	0Cc	3BCc	15,3Ab	8Abb
<i>Bacillus thuringiensis</i>	87,6Bd	97,3Aa	96,3Aa	98,3Aa	100Aa

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Para Campos (2009), o composto metomil mostrou-se também seletivo ao dermaptero *Doru luteipes*.

Para os tratamentos com cipermetrina, e clorpirifós foi observado alta redução na viabilidade de *M. arachidis* em todos os ínstares. Resultados semelhantes ocorreram em trabalhos com *D. luteipes*, segundo Redoan et al. (2012), após 24 horas de exposição das ninfas de primeiro ínstar a teflubenzurom + α -cipermetrina, acarretou 100% de mortalidade do predador, sendo assim considerado como nocivo.

Os tratamentos que se mostraram mais seletivos foram flubendiamida, *B. thuringiensis* e metomil, sendo classificados como inócuo em todas as fases de desenvolvimento. Em conformidade com nossos resultados, trabalhos realizados com *E. annulipes* mostram que os produtos do grupo químico *B. thuringiensis* mostraram-se seletivos a todas as fases desse inseto por se tratar de inseticidas biológicos (BANDEIRA, 2009).

Na avaliação de 1 hora, os tratamentos com flubendiamida, metomil e *B. thuringiensis* mostraram-se seletivos a *M. arachidis*, a partir das 6 horas de avaliação, apenas o flubendiamida, metomil e o *B. thuringiensis* apresentaram altas taxas de viabilidade de ninfas e adultos de *M. arachidis* (Tabela 2).

Tabela 2. Viabilidade de ninfas e adultos (%) de *Marava arachidis* após o tratamento em diferentes intervalos de tempo.

Tratamentos	Sobrevivência (%)					
	Tempo (h)					
	1 hora	6 horas	12 horas	24 horas	48 horas	72 horas
Testemunha	100Aa	100Aa	100Aa	98,4Aa	96,8Aa	96,8Aa
Flubendiamida	100Aa	99,6Aa	98,8ABab	97,2Aba	93,4Aba	92,4Ba
Cipermetrina	64Ab	16,4Bb	4,8Cc	2,8Cc	1,2Cc	1,2Cc
Metomil	97,6Aa	94,4Ba	92,4ABCb	88BCDb	86CDB	84,8Db
Clorpirifós	22,4Ac	5,6Bc	3,6Bc	0Bc	0Bc	0Bc
<i>Bacillus thuringiensis</i>	100Aa	98,8Aba	97,6ABab	94,4ABab	92,4Bab	92,4Ba

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Para os períodos de avaliação de 6, 12, 24, 48 e 72 horas, todos os ínstares e adultos mostraram-se suscetíveis aos tratamentos cipermetrina e clorpirifós, apresentando baixa taxa de sobrevivência, sendo, portanto, considerados como moderadamente nocivo e nocivos respectivamente.

Em trabalhos realizados em *Euborellia annulipes* os inseticidas do grupo químico piretróide como é o caso de cipermetrina provocou 100% de mortalidade do predador em 24 horas após a exposição do tratamento (BANDEIRA, 2009).

Dentre os grupos químicos que apresentaram riscos ao predador *M. arachidis* destacam-se o peretróide cipermetrina e o organofosforado clorpirifós. O primeiro causou 98% de mortalidade do inimigo natural estando na classe 3 (Tabela 3) classificado como moderadamente nocivo (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação da seletividade de inseticidas a *Marava arachidis*, em ensaio de laboratório.

Produto Comercial	Mortalidade (%)	Classe
Flubendiamida	7,6	1
Cipermetrina	98,8	3
Metomil	16	1
Clorpirifós	100	4
<i>Bacillus thuringiensis</i>	8	1

Fonte: Hassan (1997), citado por Degrand et al. (2002).

Resultados se assemelham em pesquisas realizadas com piretróides utilizados no tratamento em dermapteros *D. luteipes* provocando alta taxa de mortalidade desse inimigo natural, sendo por tanto classificado como moderadamente nocivo ao predador, segundo Redoan et al. (2012). Já o organofosforado clorpirifós foi o causador de 100% de mortalidade de *M. arachidis*, sendo classificado na classe 4, como nocivo a esse predador (tabela 3).

4. CONCLUSÕES

Dentre os tratamentos utilizados, os inseticidas Flubendiamida, Metomil e *Bacillus thuringiensis* são seletivos, mostram-se inócuos a *Marava arachidis*, podendo ser utilizados em programas de Manejo Integrado de Pragas. Entretanto, os inseticidas Cipermetrina e Clorpirifós, são altamente tóxicos a esse predador.

5. REFERÊNCIAS

BANDEIRA, C. M. **Seletividade de inseticidas a *Euborellia annulipes* (Lucas) (Dermaptera: Anisolabidae)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba-Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2009. Cap. 2.

BARBOSA, R. H.; KASSAB, S. O.; PEREIRA, F. F.; ROSSONI, C. Controle químico e biológico e *Mahanarva fimbriolata* Stal, 1854 (Hemiptera: Cercopidae) para regiões produtoras de cana-de-açúcar de Mato Grosso do Sul. **Ambiência**, v. 11, n. 1, p. 247-255, 2015.

CAMPOS, M. R. **Seletividade e resposta comportamental do predador *Doru luteipes* a inseticidas**. 2009. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009. Cap. 3.

CAMPOS, M. R.; PICANÇO, M. C.; MARTINS, J. C.; TOMAZ, A. C.; GUEDES, R. N. C. Insecticide selectivity and behavioral response of the earwig *Doru luteipes*. **Crop Protection**, v. 30, n. 12, p. 1535-1540, 2011.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2019/20**. 2018. Disponível em: www.conab.gov.br Acesso em: 20 jan. 2020.

DEGRANDE, P.E.; REIS, P.R.; CARVALHO, G.A. et al. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.;

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo, Manole, 2002. cap. 5, p.71-93.

GUIMARAES, P.; SILVA, R. B.; FIGUEIREDO, M.; FONSECA, G. M.; CRUZ, I. **Avanços na Metodologia de Criação de *Doru luteipes* (Scudder, 1876) (Dermaptera: Forticulidae)**. p.7, 2006.

HASSAN, S. A. **Métodos padronizados para testes de seletividade, com ênfase em *Trichogramma* e o controle biológico aplicado**. Piracicaba, Fealq, 324p, 1997.

HASSAN, S. A. The effects of pesticides on beneficial organisms: activities of the IOBC International Working Group. In: **Anais do 4º Simpósio de Controle Biológico**, Gramado, 1994.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**: Agrofit: Sistema de agrotóxicos fitossanitários, 2009. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 29 abr. 2019.

MARI, M. A.; GUERREIRO, J. C. Inseticidas reguladores de crescimento de insetos: formas de utilização e potencialidades para o manejo integrado de pragas. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.4, n. especial, p.360-374, 2015.

REDOAN, A. C. M.; CARVALHO, G. A.; CRUZ, I. V. A. N.; FIGUEIREDO, M.; SILVA, R. B. Seletividade de Inseticidas utilizados no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) para ovos e ninfas de *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forticulidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 1, p.25-34, 2012.

SILVA, A. B.; BATISTA, J. L.; BRITO, C. H. Capacidade Predatória de *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847) sobre *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 7-11, 2010.

TORRES, J. B.; BUENO, A. D. F. Conservation biological control using selective insecticides a valuable tool for IPM. **Biological Control**, v. 126, p. 53-64, 2018.

VARGAS-MÉNDEZ, L. Y; SANABRIA-FLÓREZ, P. L; SAAVEDRA-REYES, L. M; MERCHAN-ARENAS, D. R; KOUZNETSOV, V. V. Bioactivity of semisynthetic eugenol derivatives against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae infesting maize in Colombia. **Saudi journal of biological sciences**, v. 26, n. 7, p. 1613-1620, 2019.

UTILIZAÇÃO DE MICRO-ORGANISMOS NA REMEDIAÇÃO DO SOLO

Maria Iderlane de Freitas¹, Amanda Michele Santos de Lima¹, Isamor Gomes do Nascimento¹, Josévaldo Ribeiro Silva¹, Luan Rafael dos Santos Wanderley¹,
Emmanuella Vila Nova da Silva¹

¹Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE. e-mail:
freitasiderlane@gmail.com.

RESUMO

A produção desordenada de resíduos gera problemas relacionados ao descarte destes, afetando a qualidade do ar, do solo e das águas. A maioria são recalcitrantes, sendo bem mais lenta sua degradação. Várias técnicas podem ser empregadas para remover os contaminantes do solo ou reduzir suas concentrações. A biorremediação baseia-se na utilização de micro-organismos que possuem a capacidade de acelerar o processo de biodegradação, na disponibilidade do contaminante e nas condições ambientais adequadas para o crescimento e atividade microbiana. Podendo ser realizada *in situ* (evita a movimentação de material contaminado de um local para outro destinado ao tratamento) e *ex situ* (o solo a ser remediado é retirado do local de origem e transportado para o tratamento em instalações apropriadas para receber o contaminante). A escolha das técnicas considera a concentração final esperada do contaminante, como aceitável para o tipo de resíduo e uso futuro da área, como também, os custos dos processos que vão variar de acordo com o tipo de tratamento. Dessa forma, o uso de micro-organismos na biorremediação de substâncias orgânicas e inorgânicas ganha mais notoriedade com o passar dos anos, pois é uma forma sustentável, de aceitação pública, podendo ser aplicada para grandes volumes de contaminantes.

PALAVRAS-CHAVE: Contaminantes no solo, Micro-organismos, Remediação, Resíduos.

1. MICRO-ORGANISMOS NA BIOREMEDIAÇÃO DO SOLO

O uso indiscriminado dos recursos naturais, a produção e descarte de resíduos gasosos, líquidos e sólidos nocivos ao meio ambiente resulta muitas vezes em problemas à saúde humana e ao meio ambiente por meio da contaminação de água e do solo por compostos poluentes, tanto inorgânicos como os metais pesados, quanto produtos orgânicos (CAMARGO et al., 2007; PEREIRA; FREITAS, 2012).

Os elementos liberados na forma de resíduos geram um desbalanço do ciclo biogeoquímico natural. Quando adicionados ao solo em níveis que perturbam drasticamente os processos naturais, o solo perde a habilidade de atenuar o efeito dos contaminantes, que podem ultrapassar os limites do ambiente local e se estender às áreas distantes ao atingindo corpos hídricos (STRAW; BOHN; O'CONNOR, 2015).

Embora existam diversas tecnologias que utilizam processos físicos e/ou químicos para a descontaminação de ambientes poluídos, o processo biológico de biorremediação é uma alternativa ecologicamente mais adequada e eficaz para o tratamento de ambientes contaminados com moléculas orgânicas de difícil degradação e metais tóxicos (GAYLARD; BELLINASSO; MANFIO, 2005).

Para a remoção de contaminantes no meio ambiente são utilizados processos físico-químico ou químicos que por vezes apresentam-se ineficientes, inespecíficos, com custo elevado, com restrição de volume manejado, além do que podem produzir resíduos que necessitam de tratamentos adicionais (CAMARGO et al., 2011).

A biorremediação constitui um conjunto de tecnologias que utilizam comunidades microbianas para induzir ou acelerar processos biológicos naturais e minimizar o efeito dos resíduos contaminantes. Se baseia na capacidade de metabólica de micro-organismos em transformar ou mineralizar contaminantes orgânicos em substâncias menos nocivas, integrando-as aos ciclos biogeoquímicos. É considerado um método versátil e com baixo risco ao ambiente, e pelos resultados positivos obtidos desde o princípio da sua aplicação em diferentes condições, e seu baixo custo, é a técnica mais utilizada na remediação de solos contaminados (FASANELLA; CARDOSO, 2016; CRISTALDI et al., 2017).

Por fazer uso de sistemas biológicos, sua eficiência depende de condições ambientais químicas, físicas e biológicas ideais para o metabolismo dos micro-organismos e catabolismo do composto. Organismos adaptados ao ambiente contaminado são considerados exceções nos sistemas biológicos e seu isolamento para estudo torna possível a seleção de micro-organismos com potencial de degradação e produção de compostos com aplicação biotecnológica (ADAMS et al, 2015).

A remediação por meio de micro-organismos pode ser feita no local contaminado (*in situ*) ou removendo material para outro local onde será submetido a tratamentos remediadores (*ex-situ*). As condições controladas que podem ser aplicadas nos tratamentos *ex-situ* favorecem a obtenção de resultados mais rápidos, mas não contemplam grandes áreas. Quando não é viável o transporte, considerando o custo e critérios da conservação do solo, deve-se optar pela remediação *in situ*. Independente da viabilidade, alguns métodos *ex situ* possuem a flexibilidade de serem realizados também no local contaminado (TOMASSONI et al, 2014; FASANELLA; CARDOSO, 2016).

Os métodos aplicados *in situ* consistem em bioaumentação (adição de indivíduos na área contaminada), bioestimulação (aplicação de medidas que estimulam o crescimento da população microbiana capaz de degradar o contaminante), fitorremediação (absorção do contaminante pelas plantas), e bioventilação (introduzindo gases O₂ ou CH₄ para aumentar a comunidade alvo) (FASANELLA; CARDOSO, 2016).

Métodos *ex-situ* são “landfarming” (adição de contaminante em solo sadio para a microbiota atuar na degradação), compostagem (transformação do contaminante em fertilizante agrícola por microbiota mesofílica e termofílica), biopilha (formação de leiras para conferir melhor condição de degradação e controle de lixiviados), biorreatores (taques para biorremediação de substâncias recalcitrantes) (FASANELLA; CARDOSO, 2016).

A introdução de contaminantes no solo pode resultar na perda de algumas ou várias funções do mesmo e provocar a contaminação das águas subterrâneas. Embora existam diversas tecnologias que utilizam processos físicos e/ou químicos para a descontaminação de ambientes poluídos, o processo biológico de biorremediação é uma alternativa ecologicamente mais adequada e eficaz para o tratamento de ambientes contaminados com moléculas orgânicas de difícil degradação e metais tóxicos (GAYLARD; BELLINASSO; MANFIO, 2005).

Segundo Bento, Camargo e Okeke (2003), as estratégias de biorremediação incluem a utilização de micro-organismos autóctones, ou seja, do próprio local, sem qualquer interferência de tecnologias ativas de remediação (biorremediação intrínseca ou natural); a adição de agentes estimulantes, como nutrientes, oxigênio e biossurfactantes (bioestimulação) e a inoculação de consórcios microbianos enriquecidos (bioaumento).

Para Meharg (2001), o processo de biorremediação poderá ser possível se o organismo for tolerante ao poluente em concentrações encontradas no sítio a ser corrigido, bem como, se estes organismos possuírem a capacidade enzimática para degradar os poluentes de interesse. A utilização de fungos filamentosos e seus metabólitos nos processos de biorremediação vem crescendo, em virtude do alto potencial degradativo, biossortivo (metais e corantes) e dos mecanismos de resistência em condições ambientais adversas (CONCEIÇÃO et al., 2005).

O emprego de consórcios de micro-organismos é viável, podendo proporcionar uma completa degradação dos contaminantes, dessa forma micro-organismos que não apresentam potencial para degradar completamente determinado composto, poderão transformá-lo em uma substância degradável por um segundo micro-organismo (LEONEL et al., 2010).

Muitos fungos e bactérias têm sido utilizados na remoção de metais pesados de efluentes industriais e do ambiente. Sabe-se que um grande número de compostos ligantes de metais é produzido por estes micro-organismos, tais como os ácidos orgânicos simples, alcoóis e macromoléculas, polissacarídeos, ácidos húmicos e fúlvicos (SAYER; GADD, 2001), alguns polissacarídeos, mucopolissacarídeos e proteínas (ZINKEVICH et al., 1996). Além disso, esses micro-organismos podem adsorver estes metais a componentes presentes na superfície da parede celular (processo denominado biossorção), bioacumulá-los em organelas ou ligá-los a proteínas de seu interior celular (MELO; AZEVEDO, 2008).

Muitos micro-organismos também têm sido utilizados para a degradação de gasolina, óleo diesel e resíduos de petróleo provenientes de derramamentos, nos oceanos ou no solo. Dentre os hidrocarbonetos que compõem estes resíduos, os mais tóxicos e que causam maior preocupação são os chamados BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e os três isômeros de posição do xileno) (TEIXEIRA, 2007). Estes compostos são utilizados como fonte de carbono por diversas espécies de bactérias, leveduras e fungos filamentosos. Teixeira (2007), obteve bons resultados na degradação de gasolina comercial por bactérias das espécies *Pseudomonas putida* e *P. aeruginosa*.

Uma alternativa para aumentar a eficiência do landfarming é o emprego de plantas que possam estimular a degradação dos contaminantes, a fim de testarem essa alternativa Nakatami et al. (2008) utilizaram fungos micorrízicos: *Glomus intraradices*, *Acaulospora morrowiae*, *Paraglomus occultum*, *Archeospora trappei*, na rizosfera do solo estudado, e verificaram que as raízes dessas plantas estimularam a microbiota degradadora em geral, comprovando uma maior eficiência em relação aos locais que possuíam só os fungos.

Os fungos ectomicorrízicos (ECM), por vezes presentes nas raízes de *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.*, contribuem com a produção em biomassa vegetal. Algumas pesquisas indicam que enzimas produzidas por ECM, como lacases, tirosinases, oxidases e peroxidases são pouco seletivas sobre os Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), indicando que ECMs poderiam degradá-los (MEHARG, 2001).

Segundo Moreira e Siqueira (2006), a biorremediação microbiana é uma tecnologia de baixo custo, possibilita solução permanente de descontaminação, fundamentada em processos naturais, com aplicabilidade a vários contaminantes, tipos de solo e com aceitação pública.

A contaminação de metais pesados é considerada preocupante devido as propriedades dos mesmos como a alta toxicidade aguda para humanos, animais, plantas e micro-organismos, bioacumulação na cadeia trófica, efeitos crônicos e sub-letais a baixas concentrações, além de propriedades teratogênicas e cancerígenas, devido principalmente a esses elementos atuarem alterando as estruturas das células, como nas enzimas substituindo metais co-fatores (VIRGA; GERALDO; SANTOS, 2007; AMADO; CHAVES FILHO, 2015).

Os metais possuem grande afinidade por grupamento S de proteínas e enzimas, desta maneira, no momento em que ocorre ligação desses elementos nas macromoléculas biológicas, ocorrem efeitos diversos comprometendo o metabolismo, condição que compromete o metabolismo, resultando na formação de radicais livres que condicionam a oxidação de DNA, afetando o curso normal da divisão celular causando desordens mutagênicas e doenças como o câncer (CAMARGO et al., 2007).

Neste sentido foram criadas técnicas físico-químicas ou químicas, como a utilização de carvão ativado, resina de troca iônica, entre outros, porém estes métodos possuem problemas como o elevado custo embarcado, ineficiência na sua utilização, restrição a pequenos volumes, a não especificidade ao elemento a ser removido, além de produzirem resíduos que podem precisar de técnicas adicionais de tratamento (KANITZ JUNIOR et al., 2009; COELHO et al., 2014).

Um dos mecanismos é a biossorção, definido como o mecanismo pelo qual ocorre adsorção, absorção, troca iônica e interações, ou seja, pela afinidade do metal em

se ligar ao adsorvente que poderá ser biomassa, fungos, bactérias ou outra matéria orgânica viva ou morta de diversas origens (SILVA et al., 2014).

A biossorção é caracterizada por ser método econômico e eficiente quando comparado a métodos físico-químicos e químicos. Podendo ainda ter sua capacidade de adsorção ampliada pela utilização de biofilmes microbianos (CAMARGO et al., 2007). O fundamento da biossorção oriunda da presença de grupos funcionais de superfície ou radicais capazes de gerar cargas e atração eletrostática ao metal nos sítios funcionais, nos quais estão presentes carboxílas, sulfidrilas, aminoácidos, sulfatos, hidroxilas, entre outros (HE; CHEN, 2014). Nesta condição, a matéria orgânica, atuando como adsorvente de metais, poderá ser removida do solo, diminuindo a concentração dos contaminantes.

A precipitação é outro mecanismo de biorremediação, no qual os micro-organismos atuam realizando a redução de metais para espécies químicas menos tóxicas. Esse mecanismo ocorre por meio da redução dissimilatória realizada por bactérias ou por vias metabólicas. A precipitação é o principal mecanismo de biorremediação realizado por bactérias redutoras de sulfato, o processo ocorre em duas etapas, na primeira, sob condições anaeróbicas, a bactéria oxida compostos orgânicos utilizando o sulfato como acceptor final de elétrons e gerando sulfeto de hidrogênio e íon bicarbonato, na segunda etapa, o sulfeto reage com metais pesados dissolvidos formando precipitados de baixa solubilidade pela ocorrência de ligações covalentes (KIEU; MÜLLER; HORN, 2011).

Chaudhuri et al. (2013), observou que a fosfatase alcalina realizada por *Escherichia coli* foi capaz de liberar fosfatos capazes de precipitarem com metais. Camargo (2007), cita que alguns fungos produtores de ácidos oxálicos, os quais também podem formar precipitados, o mesmo é afirmado por Rajkumar et al. (2012), os quais apresentam que fungos micorrízicos podem excretar ácidos capazes de complexar metais.

Similar a precipitação, o mecanismo da biomineralização também tem como princípio a formação de precipitados, porém diferente do primeiro, com cristalografia definida, ou seja, com formação de mineral. A biomineralização se baseia no envolvimento físico pelo envelope e periferia da célula e seu gradiente químico. Li, Cheng e Guo (2012), afirmam que um dos processos que induzem a biomineralização é a hidrólise da ureia pela enzima urease, na qual resulta na produção de íons amônio, bicarbonato e hidroxilas, as quais aumentam o pH, alterando o equilíbrio e favorecendo a precipitação do carbonato com metais.

A atuação de enzimas em reações de oxidação, redução e metilação, se estabelece como outro importante mecanismo da biorremediação. Micro-organismos usam metais pesados e oligoelementos como receptores finais de elétrons, então os reduzem através do mecanismo de desintoxicação, a exemplo pode-se citar a bactéria *Geobacter* que reduz urânio (U^{6+}) para um estado insolúvel (U^{4+}) (DIXIT et al., 2015).

Nas metilações, realizadas por fungos e bactérias em aerobiose ou anaerobiose, os metais podem passar a espécies químicas ainda tóxicas, porém com propriedade de volatilização, se apresentando o princípio da diluição e mudança de compartimento ambiental. Esse mecanismo é de relevante importância visto que alguns actinomicetos como *Arthrobacter crystallopoietes* conseguem transformar a espécie extremamente tóxica Cr(IV), por meio da produção da enzima redutase (CAMARGO, 2007), além de

alguns fungos capazes de atuarem na redução de Hg^{2+} para Hg^0 , como *Hymenoscyphus ericae*, *Neocosmospora vasinfecta* e *Verticillium terrestre* (KELLY et al., 2006).

A presença de comunidades microbianas formadoras de biofilmes, é considerada outro mecanismo de biorremediação. Esses filmes são capazes de adsorver partículas, água, além de compostos orgânicos e inorgânicos. Edwards e Kjellerup (2013), afirmam que os biofilmes bacterianos foram eficientes na redução de selênio, concentrando para sua remoção em minas de ouro.

Ancion et al. (2013), alegam que os biofilmes incluem vários grupos funcionais ionizáveis que permitem, além da fixação de metais, a precipitação de complexos. Em outros, os “mats” microbiano que são comunidades bacterianas com densa presença de cianobactérias, são encontrados em ambientes úmidos, revestidos de uma matriz poliméricas carregada negativamente, as quais podem adsorver metais, além de excretar sulfetos atuantes em formação de precipitados.

A produção de biossurfactantes por micro-organismos se apresenta como outro mecanismo de biorremediação. Neste caso, o biossurfactantes atuam complexando os metais livres no solo, promovendo a dessorção da fase sólida, além reduzir a tensão superficial da fase sólida-líquida, facilitando a liberação do metal (THAVASI, 2011).

2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As biotecnologias desenvolvidas com base na utilização de micro-organismos se mostram, cada vez mais, como as formas mais baratas de resolução de problemas de ordem ambiental. Funções exercidas a milhares de anos pela microbiota a cada dia são descobertas e empregadas em diversas técnicas, neste contexto, o conhecimento e manejo desses organismos se torna essencial, possibilitando a eficiente aplicabilidade.

O uso de micro-organismos na biorremediação de substâncias orgânicas e inorgânicas ganha mais notoriedade com o passar dos anos, pois é uma forma sustentável, de aceitação pública, podendo ser aplicada para grandes volumes de contaminantes, além de, na sua maioria, não produzirem resíduos com necessário custo de tratamento posterior, fato comprovado pela crescente utilização dessas técnicas em escala industrial como o uso de *landfarming*, compostagem, entre outros.

3. REFERÊNCIAS

ADAMS, G. O.; FUFYIN, P. T.; OKORO S. E.; Ehinomen, I. Bioremediation, Biostimulation and Bioaugmentation: A Review. **International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation**, v. 3, n. 1, p. 28-39, 2015.

AMADO, S.; CHAVES, J. T. F. Fitorremediação: uma alternativa sustentável para remediação de solos contaminados por metais pesados. **Natureza Online**, v. 13, n. 4, p. 158-164, 2015.

ANCION, P. Y.; LEAR, G.; DOPHEIDE, A.; LEWIS, G. D. Metal concentrations in stream biofilm and sediments and their potential to explain biofilm microbial community structure. **Environmental pollution**, v. 173, n. 1, p. 117-124, 2013.

BENTO, F. M.; CAMARGO, F. A. O.; OKEKE, B. Bioremediation of soil contaminated by diesel oil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.34, n. 1, p. 65-68, 2003.

CAMARGO, F. A. O.; BENTO, F. M.; JACQUES, R. J. S.; ROESCH, L. F. W.; FRANKENBERGER, W. T. Uso de micro-organismos para a remediação de metais. In:

CASAPLI, D. J. Tratamento do efluente de uma recicladora de plásticos utilizando coagulante não metálico e compostagem. 2011. 146 f. Dissertação apresentada ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – **Universidade Federal de Santa Maria**, 2011.

CHANDER, M.; ARORA, D. S.; BATH, H. K. Biodecolourisation of some industrial dyes by white-rot fungi. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 31, n. 2, p. 94-97, 2004.

CHAUDHURI, G.; DEY, P.; DALAL, D.; VENU-BABU, P.; THILAGARAJ, W. R. A novel approach to precipitation of heavy metals from industrial effluents and single-ion solutions using bacterial alkaline phosphatase. **Water, air, and soil pollution**, v. 224, n. 1, p. 1625, 2013.

COELHO, G. F.; GONÇALVES JUNIOR, A. C.; BRAGA DE SOUSA, R. F.; SCHWANTES, D.; MIOLA, A. J.; DOMINGUES, C. V. R. Uso de técnicas de adsorção utilizando resíduos agroindustriais na remoção de contaminantes em águas. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 3, n. 1, p. 291-317, 2014.

CONCEIÇÃO, D. M. et al. Fungos filamentosos isolados do rio Atibais, SP e refinaria de petróleo biodegradadores de compostos fenólicos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, n. 1, p. 99-106, 2005.

COSTA, A. F. S.; SILVA, J. R. R.; SANTOS, R. C.M.M; FARIAS, C. B. B.; SARRUBO, L.; JORDÃO, R. C. C.; SALGUEIRO, A. A. Obtenção de consórcio de micro-organismos a partir de amostra de petróleo. **Revista Ciências & tecnologia**, v. 1, n. 1. p. 1-7, 2007.

CRISTALDI, A.; CONTI, G. C.; JHO, E. H.; ZUCCARELLO, P.; GRASSO, A.; COPAT, C.; FERRANTE, M. Phytoremediation of contaminated soils by heavy metals and PAHs: A brief review. **Environmental technology & innovation**, v. 8, n; 1, p. 309–326, 2017.

DIXIT, R.; MALAVIYA, D.; PANDIYAN, K.; SINGH, U. B.; SAHU, A. Bioremediation of heavy metals from soil and aquatic environment: An overview of principles and criteria of fundamental processes. **Sustainability**, v. 7, n. 2, p. 2189–2212, 2015.

EDWARDS, S. J.; KJELLERUP, B. V. (2013). Applications of biofilms in bioremediation and biotransformation of persistent organic pollutants, pharmaceuticals/personal care products, and heavy metals. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 97, n. 23, p. 9909-9921, 2013.

- FASANELLA, C. C.; CARDOSO, E. J. B. N. Biorremediação. In: CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. [recurso eletrônico] 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016. p. 197 - 210.
- GADD, G. M. Microbial influence on meal mobility and application for bioremediation. **Geoderma**, v. 122, n. 2-4, p. 109-119, 2004.
- HE, J.; CHEN, J. P. Comprehensive review on biosorption of heavy metals by algal biomass: materials, performances, chemistry, and modeling simulation tools. **Bioresource technology**, v. 160, n. 1, p. 67-78, 2014.
- KANITZ JÚNIOR, O.; GURGEL, L.V. A.; DE FREITAS, R. P.; GIL, L. F. Adsorption of Cu(II), Cd(II) and Pb(II) from aqueous single metal solutions by mercerized cellulose and mercerized sugarcane bagasse chemically modified with EDTA dianhydride (EDTAD). **Carbohydrate Polymers**, v. 77, n. 3, p. 643-650, 2009.
- KELLY, D. J. A.; BUDD, K.; LEFEBVRE, D. D. The biotransformation of mercury in pH-stat cultures of microfungi. **Canadian journal of botany**, v. 84, n. 2, p. 254–260, 2006.
- KIEU, H. T. Q.; MÜLLER, H. E. Horn Heavy metal removal in anaerobic semi-continuous stirred tank reactors by a consortium of sulfate-reducing bacteria. **Water Research**, v. 45, n. 13, p. 3863-3870, 2011.
- LEONEL, L. V.; NASCIMENTO, E. G. do; BERTOZZI, J.; BÔAS, L. A. V.; BÔAS, G. T. V. Biorremediação de Solos. **Terra e Cultura**, n. 51, n. 1, p. 300-315, 2010.
- LI, M.; CHENG, X.; GUO, H. Heavy metal removal by biomineralization of urease producing bacteria isolated from soil. **International biodeterioration biodegradation**, v. 76, n. 1, p. 81–85, 2013.
- MALONEY, S. E. Pesticide degradation. In: GADD, G. M. (org.). **Fungi in Bioremediation**. Cambridge University Press, 2001.188-223p.
- MEHARG, A. A. The potential for utilizing mycorrhizal associations in soil bioremediation. In: GADD, G. M. (Org.). **Fungi in Bioremediation**. Cambridge University Press 2001. p. 445-455.
- MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. Microbiologia ambiental. 2. ed. rev. e ampl. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2008.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.
- PEREIRA NETO, J. T. Manual de Compostagem – Processo de baixo custo. **UNICEF**, Belo Horizonte 1996.
- PEREIRA, A. R. B.; FREITAS, D. A. F. Uso de micro-organismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, v. 6, n. 6, p. 995–1006, 2012.

RAJKUMAR, M.; SANDHYA, S.; PRASAD, M. N. V.; FREITAS, H. (2012). Perspectives of plant-associated microbes in heavy metal phytoremediation. **Biotechnology advances**, v. 30, n. 6, p. 1562–1574, 2012.

RODRIGUES, S.; DUARTE, A. C. Poluição do solo: revisão generalista dos principais problemas. In: CASTRO, A.; DUARTE, A.; SANTOS, T. (Ed.). **O ambiente e a saúde**. Lisboa: Instituto Piaget, p. 136-176, 2003.

SAYER, J. A.; GADD, G. M. Binding of cobalt and zinc by organic acids and culture filtrates of *Aspergillus niger* grown in the absence or presence of insoluble cobalt or zinc phosphate. **Mycological Research**, v. 105, n. 10, p.1261-1267, 2001.

SILVA, J. L. B. C.; PEQUENO, O. T. B. L.; ROCHA, L. K. Y. S.; ARAÚJO, E. C. O. A.; MARCIEL, T. A. R.; BARROS, A. J. M. B. Biossorção de metais pesados: uma revisão. **Revista Saúde e Ciência**, v. 3, n. 3, p. 137-149, 2014.

STRAW, D. G.; BOHN, H. L.; O'CONNOR, G. A. **Soil chemistry**. West Sussex, UK: JOHN WILEY; SONS, 2015. 350 p.

TEIXEIRA, A. S. Isolamento e caracterização de bactérias degradadoras de gasolina comercial. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, **Universidade Federal do Rio grande do Sul**, 2007, 95 f.

THAVASI, R. Microbial biosurfactants: From an environment application point of view. *Journal of bioremediation & biodegradation*, v. 2, n. 5, p.104, 2011.

TOMASSONI, F.; SANTOS, R. F.; SANTOS, F. S.; CARPINSKI, M.; SIVEIRA, L. Técnica de biorremediação do solo. **Acta Iguazu**, v. 3, n. 3, p. 46-56, 2014.

VIRGA, R. H. P.; Geraldo, L. P.; SANTOS, F. H. dos. Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de siris azuis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 779-785, 2007.

ZINKEVICH, V. et al. Characterization of exopolymers produced by different isolates of marine sulphate-reducing bacteria. **International Biodeterioration Biodegradation**, v. 37, n. 3-4, p. 163–172, 2006.

ORGANIZADORES

João Manoel da Silva

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Alagoas (2014) e Mestre em Ciências (área de concentração em Agricultura e Biodiversidade) (2016). Atualmente é Doutorando em Biotecnologia pela Rede Nordeste de Biotecnologia e atua nas linhas de pesquisa: Microbiologia e bioquímica do solo, fitopatologia, microbiologia de alimentos, ecologia microbiana e extensão rural.

Tania Marta Carvalho dos Santos

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Alagoas, Mestre em Agronomia (Microbiologia Agrícola) pela Universidade de São Paulo (1988) e Doutora em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1992). Atualmente é professora titular da Universidade Federal de Alagoas onde exerceu o cargo de coordenadora do curso de Graduação em Agronomia (2001-2008) e foi Coordenadora do curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal) (1999-2001). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Microbiologia Agrícola, atuando principalmente nas linhas de pesquisa: microbiologia e bioquímica do solo, ecologia micro-organismos e microbiologia de alimentos.

Paulo Henrique de Almeida Cartaxo

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Paraíba (2020). Atualmente é Mestrando em Agronomia (UFPB) na área de Agricultura Tropical, com linha de pesquisa em Biotecnologia, Melhoramento e Proteção de Plantas Cultivadas. Tem experiência em Fitossanidade com foco em Entomologia Agrícola, desenvolvendo pesquisas na área de Manejo Integrado de Insetos-Praga.

Ana Beatriz Torres Melo de Freitas

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal da Paraíba (2018). Mestranda em Agronomia (UFPB) na área de Agricultura Tropical, com linha de pesquisa em Ciência e Tecnologia da Produção de Culturas. Tem experiência na área de Grandes Culturas, desenvolvendo pesquisas com cana-de-açúcar.

Kennedy Santos Gonzaga

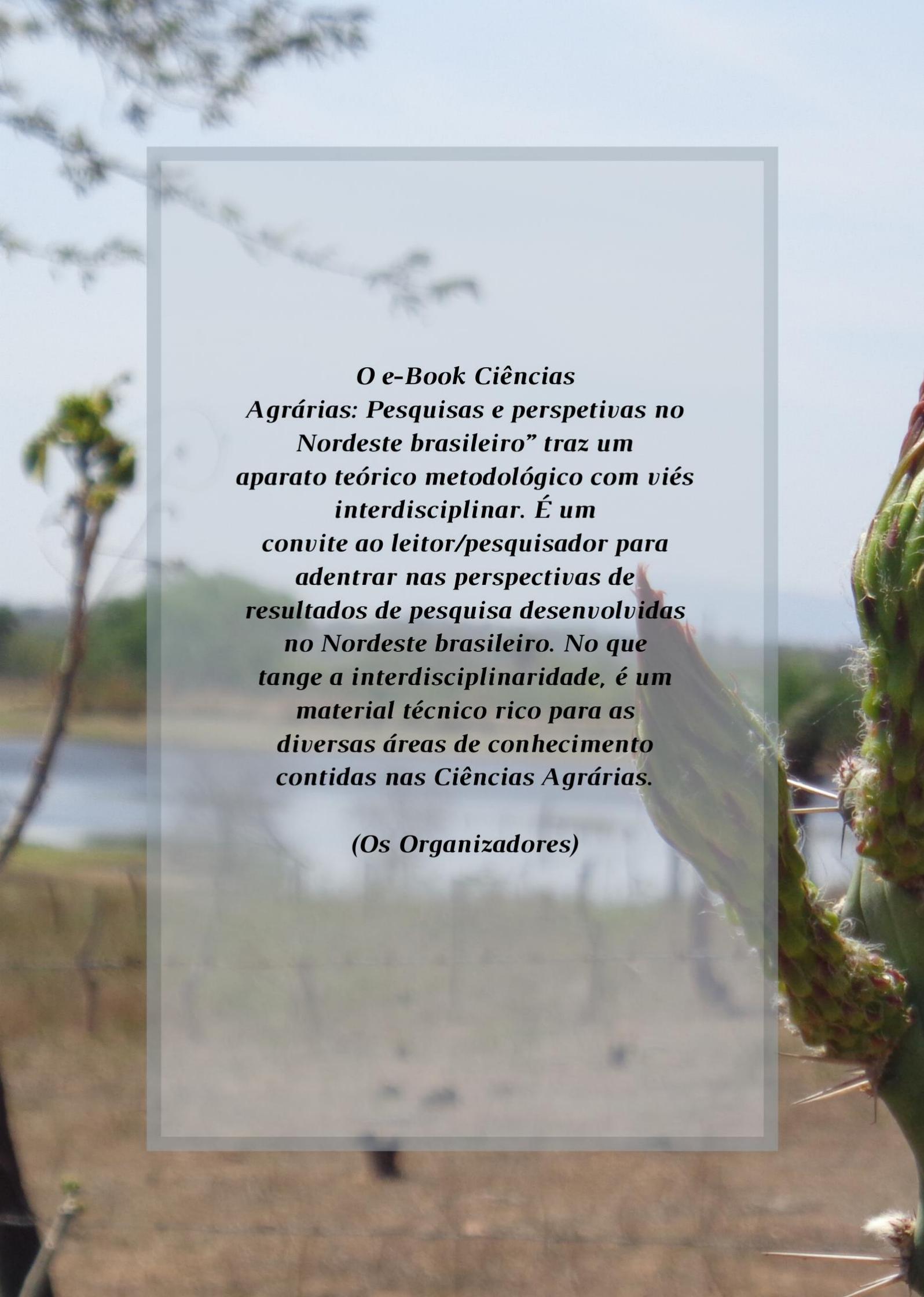
Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Paraíba (2017). Mestre e Doutorando em Agronomia (UFPB) na área de Agricultura Tropical, com linha de pesquisa em Biotecnologia, Melhoramento e Proteção de Plantas Cultivadas. Tem experiência em Fitossanidade com foco em Entomologia Agrícola, desenvolvendo pesquisas na área de Manejo Integrado de Insetos-Praga.

Maria Cristina dos Santos Pereira

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal da Paraíba (2007). Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (2010) e Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal da Paraíba (2017). Atualmente é Técnica do Laboratório de Topografia e Geoprocessamento e tutora da disciplina Sensoriamento Remoto e SIG na Universidade Federal da Paraíba. Tem experiência na área de qualidade do solo, qualidade de água, qualidade do sedimento do sistema aquático e Geotecnologias aplicada aos estudos ambientais.

João Paulo de Oliveira Santos

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Paraíba (2017) e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2019). Atualmente é Doutorando em Agronomia (UFPB) na área de Agricultura Tropical, com linha de pesquisa em Ecologia, Manejo e Conservação de Recursos Naturais. Atua com pesquisas com foco em Ecologia, Gestão Ambiental e Recursos Hídricos.



O e-Book Ciências Agrárias: Pesquisas e perspectivas no Nordeste brasileiro” traz um aparato teórico metodológico com viés interdisciplinar. É um convite ao leitor/pesquisador para adentrar nas perspectivas de resultados de pesquisa desenvolvidas no Nordeste brasileiro. No que tange a interdisciplinaridade, é um material técnico rico para as diversas áreas de conhecimento contidas nas Ciências Agrárias.

(Os Organizadores)