

ALAN MARIO ZUFFO
JORGE GONZÁLEZ AGUILERA
ORGANIZADORES

PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS

Volume V



Pantanal Editora

2021

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

PESQUISAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
VOLUME V



Pantanal Editora

2021

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contra-capas:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome	Instituição
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos	OAB/PB
Profa. Msc. Adriana Flávia Neu	Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois	UO (Cuba)
Prof. Dr. Antonio Gasparetto	Júnior – IF SUDESTE MG
Profa. Msc. Aris Verdecia Peña	Facultad de Medicina (Cuba)
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia	ISCM (Cuba)
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva	UFESSPA
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo	UEA
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu	UNEMAT
Prof. Dr. Carlos Nick	UFV
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia	AJES
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos	UFGD
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva	UEMS
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos	IFPA
Prof. Msc. David Chacon Alvarez	UNICENTRO
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira	IFMT
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira	UFMG
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão	URCA
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves	ISEPAM-FAETEC
Prof. Me. Ernane Rosa Martins	IFG
Prof. Dr. Fábio Steiner	UEMS
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza	UFF
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez	(Colômbia)
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles	UNAM (Peru)
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira	IFRR
Prof. Msc. Javier Revilla Armesto	UCG (México)
Prof. Msc. João Camilo Sevilla	Mun. Rio de Janeiro
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales	UNMSM (Peru)
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski	UFMT
Prof. Msc. Lucas R. Oliveira	Mun. de Chap. do Sul
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela	IFPR
Prof. Dr. Leandris Argente-Martínez	Tec-NM (México)
Profa. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan	Consultório em Santa Maria
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann	UFJF
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior	UEG
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos	FAQ
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla	UNAM (Peru)
Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira	SEDUC/PA
Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira	IFPA
Profa. Dra. Patricia Maurer	UNIPAMPA
Profa. Msc. Queila Pahim da Silva	IFB
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty	UO (Cuba)
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke	UFMS
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva	UFPI
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo	UEMA
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca	UFPI
Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira	FURG
Profa. Dra. Yilan Fung Boix	UO (Cuba)
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme	UFT

Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior

- Esp. Maurício Amormino Júnior

- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P472 Pesquisas agrárias e ambientais [livro eletrônico] : volume V / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2021. 191p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-88319-70-3

DOI <https://doi.org/10.46420/9786588319703>

1. Ciências agrárias – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente.
3. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González.
CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



Pantanal Editora

Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

APRESENTAÇÃO

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume V” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: construção de habitação popular para pessoas de baixa renda, modelos baseados em processos aplicados à ciência florestal, efeito alelopático de *Ateleia glazioveana* Baill na germinação de picão-preto e soja, análise da viabilidade econômica de reconstituição de pastagens no sistema tradicional e consorciado, utilização do resíduo do mamão em processos biotecnológicos para produção de ração animal, valorização do coproduto do melão para a ração animal, seletividade de inseticidas a *Trichogramma Pretiosum* em ovos de *Helicoverpa Armigera*, efeito da temperatura base para emissão de nós e soma térmica do feijão-de-porco, efeito da temperatura no trigo, análise multitemporal da cobertura vegetal no município de Paracambi, caracterização e modelos estatísticos para estimativa do volume de frutos de babaçu, desempenho agrônômico de cultivares de alface crespa em duas épocas de cultivo, marcadores moleculares utilizados para estudo da diversidade genética de plantas ameaçadas de extinção no Brasil, análise de transição do uso e cobertura do solo em área de preservação permanente, coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* associada à aplicação de estimulantes na soja, sistema de tratamento de esgoto doméstico de baixo custo para residências familiares. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume V, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este e-book possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera

SUMÁRIO


Apresentação	4
Capítulo I	7
Construção de habitação popular para pessoas de baixa renda com blocos estruturais ecológicos.....	7
Capítulo II	15
Modelos baseados em processos aplicados à ciência florestal: uma revisão do estado da arte.....	15
Capítulo III	28
Contribuição ao estudo alelopático de <i>Ateleia glazjoveana</i> Baill na germinação de picão-preto e soja.....	28
Capítulo IV	37
Análise da viabilidade econômica de reconstituição de pastagens no sistema tradicional e consorciado: estudo de caso	37
Capítulo V	49
Utilização do resíduo do mamão (<i>Carica papaya</i> L.) em processos biotecnológicos para produção de ração animal.....	49
Capítulo VI	59
Valorização do coproduto do melão (<i>Cucumis melo</i> L.) através de bioprocessos destinados a ração animal	59
Capítulo VII	68
Temperatura base para emissão de nós e soma térmica do feijão-de-porco.....	68
Capítulo VIII	77
Heatwave implications in wheat during heading phenophase	77
Capítulo IX	85
Análise multitemporal da cobertura vegetal no município de Paracambi – RJ	85
Capítulo X	110
Caracterização e modelos estatísticos para estimativa do volume de frutos de babaçu (<i>Attalea</i> sp.) de duas populações	110
Capítulo XI	121
Desempenho agrônômico de cultivares de alface crespa em duas épocas de cultivo no município de Uruçuí-PI	121
Capítulo XII	133
Marcadores moleculares utilizados para estudo da diversidade genética de plantas ameaçadas de extinção no Brasil.....	133
Capítulo XIII	142
Análise de transição do uso e cobertura do solo em área de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Maguari-açu/PA.....	142
Capítulo XIV	153

Coinoculação de <i>Bradyrhizobium</i> e <i>Azospirillum</i> associada à aplicação de estimulantes melhora o desenvolvimento inicial de plantas de soja.....	153
Capítulo XV	161
Sistema de tratamento de esgoto doméstico de baixo custo para residências familiares na região semiárida potiguar.....	161
Capítulo XVI	175
Análise biométrica e trocas gasosas na fase de floração da berinjela submetida às fontes e doses de potássio.....	175
Índice Remissivo	189
Sobre os organizadores	191


Construção de habitação popular para pessoas de baixa renda com blocos estruturais ecológicos


Recebido em: 29/03/2021

Aceito em: 31/03/2021

 10.46420/9786588319703cap1

Altamir Lesck^{1*} 

Marilene Kreutz de Oliveira² 

Vinícius Kreutz de Oliveira³ 

Fernanda Souza Abreu⁴ 

INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido por alunos do Ensino Médio da Escola Estadual Militarizada Desembargador Sadoc Pereira no ano de 2018, com o intuito de criar um modelo de construção popular de baixo custo em ritmo de ajuri (mutirão). Ainda em 2018 o projeto foi apresentado na Feira de Ciências do Colégio e na III Feira de Ciências do Município de Alto Alegre/RR, em 2019 participou da Feira Mineira de Iniciação Científica (FEMIC) em Minas Gerais e no ano de 2020 teve participação virtual na Feira Brasileira de Iniciação Científica (FEBIC) em Santa Catarina.

Após o convite para a turma participar da Feira de Ciência da escola, o tema “Construção de habitação popular para pessoas de baixa renda com blocos estruturais ecológicos”, surgiu entre os alunos embasado numa problemática local, abordando a carência de moradia dos imigrantes venezuelanos e dos brasileiros de baixa renda que residem no município e por não possuírem casa própria.

As Feiras de Ciências figuram como uma importante ferramenta de integração da escola com a comunidade, pois as mesmas oferecem oportunidade para os alunos demonstrarem, por meio de projetos próprios, seus conhecimentos científicos, sua lógica e sua criatividade (Mancuso, 2000).

Com o tema definido, os alunos foram convidados a realizarem uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto e discuti-la com seus pares sob a orientação dos professores, algumas dessas pesquisas foram selecionadas e formaram o embasamento teórico desse trabalho, como segue:

O grande sonho de qualquer família seja ela em qualquer lugar do planeta é a casa própria seja ela como for construída. E isso tem a ver com déficit habitacional e em especial no Brasil. Há aqueles que constroem como também há aqueles que compram. Essa compra ou é a vista ou é financiada a perder de vista pelos sistemas de casa própria do governo ou pelos bancos, e em alguns casos a baixos juros.

¹ Mestrando em Ensino de Ciências pela Universidade Estadual de Roraima.

² Doutoranda em Ensino de Ciência e Educação em Matemática pela Universidade Estadual de Londrina.

³ Acadêmico de Medicina Veterinária da Faculdade Estácio.

⁴ Acadêmica de Biomedicina da Faculdade Estácio.

* Autor correspondente: alesckrr@gmail.com

Para aqueles que preferem construir sua própria habitação temos os métodos convencionais onde o cimento e a areia são os materiais mais consumidos e que por sinal, o vilão das construções é o cimento e se levar em consideração alguns estados da região norte do Brasil, como é o caso de Roraima, o preço da bolsa de cimento chega a preços estratosféricos devido o caso de ser Roraima um estado totalmente setentrional longe de Manaus cerca de 800 quilômetros.

Em relação aos custos de construção, para algumas famílias, dependendo da renda familiar, a construção de uma casa própria adequada, com o mínimo conforto exigido, se torna algo proibitivo ou até mesmo impossível. Por mais simples que se possa fazer uma simples moradia, custos são as primeiras hipóteses pensadas. Segundo Parga (2003):

Distinguimos cinco grupos distintos: os custos diretos, os custos indiretos, os custos acessórios, lucro e a correção monetária. Os diretos estão ligados intimamente, diretamente, ao serviço que se executa, sua avaliação obtida das quantidades previstas no projeto. No conjunto compõem a obra propriamente dita, materializam-na e integram-na, são específicos para cada uma, seu cômputo minucioso tarefa obrigatória. Assim, por exemplo, na construção de 1 m² alvenaria, o pedreiro, o servente e leis sociais correspondentes, o tijolo, o cimento, o saibro, a areia, são seus componentes. O encarregado, o andaime, o vigia, ligação provisória de força, o engenheiro, a propaganda, a licença de obra.

Portanto calcular alguns preços antes de construir não é na verdade uma tarefa muito simples dependendo de algumas pessoas sendo por isso que muitas construções morrem antes mesmo de começar e algumas ficam pela metade e até mesmo algumas famílias vão morar e construções sem portas e janelas. Para muitas famílias a construção popular é considerado ainda uma possibilidade viável para aqueles desprovidos de sua própria moradia e não a ter faz com que algumas famílias estejam excluídas socialmente. Streck (2006) cita que um dos temas centrais do debate sociológico contemporâneo, refere-se aos processos geradores de exclusão social e, conseqüentemente, de negação de cidadania. E realmente quando uma família está desprovida de uma residência digna podemos dizer que ela está socialmente excluída.

Um dos programas mais conhecidos atualmente no Brasil e que auxiliam algumas famílias que possuem índices de rendas consideradas na linha pobreza de adquirirem sua casa própria é o Minha Casa Minha Vida. Algumas literaturas especializadas informam algumas regras básicas sobre o programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). Entre essas literaturas especializadas estão (Bonduki, 2009; Ferreira, 2012; Rolnik et al, 2013; Rolnik et al., 2015), literaturas essas que indicam que a atuação dos Municípios é central na escolha tanto do MCMV como ferramenta de provimento de habitação de interesse social em âmbito local, quanto no tipo de produção (volume, qualidade dos empreendimentos, inserção urbanística etc.) que é gerada a partir desse financiamento federal.

Mas para aqueles que não possuem uma renda mínima para estarem aptos ao cadastro para terem acesso ao MCMV, se aventuram em por conta própria construir seu próprio teto. Muitos tem a vontade de construir porem, a falta de um espaço adequado torna essa construção impossível. Ter o sonho, mas não ter onde realiza-lo. Nesse âmbito o espaço público se torna privado. Em conseqüência, o acesso ao

solo e aos equipamentos de consumo coletivo é precário ou inexistente para a maioria trabalhadora dos seus habitantes (Bourdieu, 1989). E para corroborar essa ideia, Vainer (2011), diz com o neoliberalismo, a cidade passa a ser tratada como espaço direto do capital mediado pela lógica da valorização do capital e da financeirização. Submetida ao movimento espontâneo do mercado, a cidade passa a funcionar como uma verdadeira empresa e como tal passa a ser conduzida.

E devido essa valorização do capital os espaços públicos se tornaram mais distantes dos grandes centros e passam a se tornar periferia. Locais esses onde os valores dos espaços públicos estão mais próximos das camadas sociais mais pobres. A periferia ou também subúrbio é uma certa variante de condição periférica. Isso é exclusão social.

Para Hobsbawm (2000) o termo exclusão social também tem a ver com etnia e classe social e isso implica em quem tem ou não direito a um espaço tanto na sociedade como para encontrar espaço físico para a construção de uma moradia.

Na coletânea de uma série de empecilhos algumas famílias buscam alternativas viáveis compatíveis aos seus poderes econômicos e uma delas é a construção popular de habitação de baixo custo onde o sistema de mutirão e até mesmo na confecção dos tijolos ou mesmo blocos de forma artesanal que com isso barateiam suas construções tornando assim viável assim o sonho da casa própria. De modo geral nas construções sob o regime de mutirão, associa-se o trabalho por ajuda mútua dos futuros moradores com a contratação de mão-de-obra, tanto para a execução de serviços especializados, como para empreender um ritmo um pouco mais acelerado para a obra e até mesmo redução de custo dessa mesma mão de obra.

Abiko et al. (2006) dizem que o mutirão, também pode ser conhecido como sistema de ajuda mútua, e que é uma alternativa habitacional baseada no esforço coletivo e organizado da comunidade – os chamados mutirantes– para a construção de suas próprias moradias.

Baseado em dados de Cardoso et al. (1994):

- a) o mutirão por gestão institucional ou administração direta corresponde aos casos em que o agente público (prefeitura, governos estadual ou federal, diretamente ou por intermédio de suas empresas paraestatais) gera o empreendimento, isto é, elabora os projetos, fornece a equipe técnica que gerencia a obra e administra todos os recursos financeiros e não financeiros aportados;
- b) o mutirão por congestão corresponde aos empreendimentos nos quais o Poder Público repassa recursos às comunidades, representadas e organizadas em associações comunitárias, as quais contratam escritórios técnicos autônomos para assessorá-las na administração dos recursos. Tais escritórios, também conhecidos como “assessorias técnicas”, normalmente elaboram os projetos e exercem a direção técnica das obras, responsabilizando-se tecnicamente por sua execução;
- c) o mutirão por autogestão é a modalidade na qual a comunidade por meio das associações de moradores, é a responsável pela administração geral do empreendimento bem como pelo gerenciamento de todos os recursos. Nesse caso, também pode haver participação de assessorias técnicas.

Dessa maneira se tornou possível para algumas pessoas construir sua casa própria mesmo que fosse em ritmo de mutirão. E para se tornarem ainda mais baratas as construções alguns se embrenharam em fazer seus próprios tijolos de forma artesanal e ainda mais, utilizando materiais ecologicamente corretos. Materiais encontrados natureza e de forma fácil e barata. Esses tijolos, em alguns lugares são chamados de tijolos ecológicos ou blocos ecológicos, mas para alguns também chamado de tijolo solo-cimento.

De acordo com Mieli (2009) o tijolo solo-cimento é basicamente uma mistura de solo, cimento e água devidamente homogeneizados e prensados. Trata-se de um processo físico-químico de estabilização, onde ocorre uma estruturação resultante da reorientação das partículas sólidas com a deposição de substâncias cimentadas nos contatos intergranulares, alterando a qualidade relativa de cada uma das três fases: sólidos, água e ar que constituem o solo.

Para Silva (2013) este material apresenta ainda economia com revestimento pelo fato de não haver a necessidade de revestimento da obra devido ao acabamento liso das paredes monolíticas proporcionado pela alvenaria, sendo recomendado apenas uma pintura para melhorar a impermeabilização e o aspecto visual. Segundo Taveira (1987), os tijolos ecológicos não oferecem condições para instalações e proliferações de insetos nocivos à saúde pública, atendendo às condições mínimas de habitabilidade. Proporcionam uma construção limpa e com menor quantidade de resíduos e entulhos, já que a estrutura é encaixada abolindo a necessidade de pregos, arames e furos na parede.

O solo foi utilizado no mundo em construções devido a sua abundância, baixo custo e facilidade de obtenção. Segundo Rodrigues (2008) o solo foi a primeira argamassa empregada pelo homem, sendo o registro mais antigo.

Isso faz com que muitas famílias utilizem o processo de fabricação de tijolos a partir do solo-cimento por ser um produto barato e de fácil obtenção em muitas regiões do Brasil (Torgal et al., 2009) ao abordar sobre as principais vantagens das construções com terra relatam que embora esta não possa ser considerada como uma utilização de recurso renovável, tão pouco não pode ser considerada como estando associada aos impactos tradicionais das técnicas construtivas correntes.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada no Colégio Estadual Militarizado Desembargador Sadoc Pereira, localizado no Município de Alto Alegre/RR, no ano de 2018, utilizou-se do tipo de pesquisa qualitativa por se tratar de a pesquisa em parte ser experimental, porém com finalidades sociais, ambas as metodologias são complementares e expressam dimensões distintas de um mesmo fenômeno estudado (Taborda et al., 2015).

A aliança entre os métodos qualitativos e quantitativos permite o uso mais compreensivo das pesquisas do que o uso unicamente qualitativo ou quantitativo. A articulação entre os métodos busca

corroborar com um resultado de um método com os resultados do outro, utilizar os resultados de um método para auxiliar na interpretação do outro método, descobrir o paradoxo que leva a reconsiderar a questão da pesquisa, além da amplitude no alcance da pesquisa, confrontando seus elementos com um outro método (Dietrich et al. *apud* Paugam, 2015).

Como já mencionado parte da pesquisa é do tipo experimental, que segundo Gil (2019), a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, relacionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-la, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após uma extensa pesquisa bibliográfica sobre os vários modelos e sistema de construção populares para pessoas de baixa renda, o trabalho foi dividido em três etapas: encontrar o ponto ideal da massa para ser utilizada na confecção dos blocos ecológicos; produzir uma forma e padronizar os blocos e realizar uma construção popular em regime de ajuri (mutirão) com o material produzido.

Para encontrar o ponto ideal da massa para ser utilizada na confecção de blocos ecológicos, foram realizados 10 (dez) experimentos com materiais e proporções diferentes, como segue:

Composição da massa “a”: 01 porção de cimento; 02 porções de areia; 03 porções de palha de arroz e 1 porção de água.

Composição da massa “b”: 01 porção de cimento; 03 porções de areia; 04 porções de palha de arroz e 1 porção de água

Composição da massa “c”: 01 porção de cimento; 04 porções de areia; 05 porções de palha de arroz e 1 porção de água

Composição da massa “d”: 01 porção de cimento; 02 porções de areia; 03 porções de serragem; 01 porção de água

Composição da massa “e”: 01 porção de cimento; 03 porções de areia; 04 porções de serragem; 01 porção de água

Composição da massa “f”: 01 porção de cimento; 4 porções de areia; 010 porções de serragem; 01 porção de água

Composição da massa “g”: 01 porção de cimento; 02 porções de areia; 03 porções de solo; 01 porção de água

Composição da massa “h”: 01 porção de cimento; 03 porções de areia; 04 porções de solo; 01 porção de água

Composição da massa “i”: 01 porção de cimento; 04 porções de areia; 05 porções de solo; 01 porção de água

Composição da massa “j”: 01 porção de cimento; 06 porções de solo; 01 porção de areia; 01 de água.

Nesse experimento todos os componentes foram misturados, colocados dentro de um copo plástico de 500 mL, para formar mini blocos de testes, desformados e deixados em repouso para a devida cura do cimento por um período aproximado 10 (dez) dias.

Em seguida, os minis blocos foram pesados e posteriormente colocados em um recipiente metálico com 1 cm de água em temperatura ambiente de aproximadamente 30 °C, para observar a capilaridade de água dos minis blocos teste. Nesse teste foi constatado que os blocos que continham serragem e palha de arroz absorveram mais água e em tempo mais acelerado que os mini blocos de testes feitos com solo cimento e com isso foram essas misturas descartadas para a confecção dos blocos para o projeto.

Por se tratar de um experimento escolar, e não possuir laboratório adequado para pesquisas técnicas adequadas, o grupo adequou-se os testes de resistência, onde foram colocados pesos em cima dos minis blocos simulando assim, o mais próximo possível da realidade do projeto. Após a observação dos testes, optou-se pelo mini bloco da composição da massa “j”, uma vez que todas as outras misturas se portaram inadequadas para uma construção popular com o mínimo de qualidade, conforto e resistência.

A forma para a confecção dos blocos foi confeccionada primeiramente com lâminas de metal com espessura inferior a normalmente requerida para confecção de blocos da natureza característica do projeto. Para isso utilizamos uma chapa metálica de máquina de lavar encontrada em oficina de manutenção desses produtos. Essa primeira forma tinha as seguintes medidas; 39 cm de comprimento, 27 cm de altura e 15 cm de espessura, medidas essas que estavam totalmente em desacordo com as normas da ABNT para confecção de blocos ecológicos como também para blocos estruturais. Devido à dificuldade da desforma pelo fato de a forma estar com problemas de esquadro, mesmo que seja por pequenas proporções, houve problemas nas desforma causando com isso que se tenha sido feito uma diminuição no tamanho da forma para 30cm de comprimento que com isso tenha facilitado a desforma dos próximos bloco nem com isso resolvidos os problemas totais do produto final.

Nas partes internas da forma as partes que dariam os encaixes dos blocos (macho e fêmea), eram feitas de madeira que impossibilitou que a desforma do bloco se dera com dificuldade. Da mesma forma que o copo que produziria a parte vazado do bloco, também era de madeira e que mesmo que estivesse sido lixada para que seu aspecto e sua forma fossem lisa o suficiente para a desforma não foi suficiente para que essa primeira forma fosse adequada para a confecção dos primeiros blocos. Os primeiros blocos confeccionados por essa forma não foram considerados aptos para construção. Devidos a inconsistência técnica da primeira forma, pesquisas mais apuradas foram feitas e a partir daí uma outra forma com chapa de metal de espessura de 2mm foi confeccionada e a partir daí os blocos começaram a ter um aspecto arquitetônico mais apurado. As medidas dessa segunda forma eram de 30 cm de comprimento, 24 cm de altura e 15 de espessura e tendo o vasado interno com 10x19x30 de dimensão. Devido ter sido constatado

uma possível fragilidade na grande dimensão desse vasado, foram feitas alterações que proporcionaram quatro vazados com dimensões de 6x4x30 cm, caracterizando assim um bloco com resistência superior aos anteriores, porém com peso e custos acima dos estipulados para construções de baixo custo. Esta última forma foi feita com chapa metálica com espessura adequada para desforma sem problemas.

A terceira e última fase do projeto que seria a construção popular em regime de ajuri (mutirão) com o material produzido, estava prevista para acontecer no ano de 2020, porém, com a chegada da pandemia da COVID-19, não foi possível concluir essa etapa no projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Abiko AK et al. (2006). Mutirão Habitacional: Procedimentos de Gestão. — Porto Alegre: ANTAC.
- Bonduki N (2009). Do Projeto Moradia ao Programa Minha Casa Minha Vida. TD. Teoria e Debate, 82(1).
- Bourdieu P (1989). O poder simbólico. Lisboa: DIFEL; Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Dietrich P et al. (2015). Articular as abordagens quantitativas e qualitativas. In: Paugam AS. Pesquisa Sociológica Vozes. 271-282p.
- Ferreira JSW (2012). Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano, v. 1. São Paulo: Lahab/Fupam.
- Gil AC (2009). Como elaborar projetos de pesquisa. 4 ed. São Paulo: atlas.
- Hobsbawm E (2000). O novo século. São Paulo: Companhia das Letras.
- Mancuso R (2000). Feira de Ciências: produção estudantil, avaliação, conseqüências. contexto educativo revista digital de educación y nuevas tecnologías, 6(1): 1-5.
- Mieli PH (2009). Avaliação do tijolo modular de solo-cimento como material na construção civil. Projeto de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Parga P (2003). Cálculo do preço de venda na construção civil/Pedro Parga, São Paulo: Pin. 16p.
- Streck DR (2006). A educação popular e a (re)construção do público. Há fogo sob as brasas? Revista Brasileira de Educação, 11(32): 272-372.
- Rodrigues SM (2008). Adição de resíduo de argamassas mistas na produção de tijolos modulares de solo-cimento. Pós-graduação em Engenharia do meio ambiente. Universidade federal de Goiás (Dissertação), Goiânia. 106p.
- Rolnik R (2015). Guerra dos lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças. São Paulo: Boitempo.
- Rolnik R et al. (2013). Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) em Cidades brasileiras: Trajetória Recente de Implementação de um instrumento de Política Fundiária. Lincoln Institute of Land Policy.

- Silva APM (2013). O uso do tijolo de na construção civil. 2013. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais (Dissertação), Belo Horizonte, Brasil.
- Taborda M et al. (2015). Pesquisa Quali-quantitativa on-line: relato de uma experiência em desenvolvimento no campo da saúde. Investigação qualitativa em saúde.
- Taveira ESN (1987). Construir, morar, habitar: No campo e na cidade. São Paulo: Ícone. 120p.
- Torgal FP et al. (2009). Considerações sobre a sustentabilidade da construção em terra. In: Forum Internacional de Tecnologia da Construção, 1, Porto, Portugal. “Tecon 2009: tecnologias associadas ao processo do empreendimento de construção: actas” [CD-ROM]. Porto: GeQualTec.
- Vainer C (2011). Cidade de Exceção: reflexões a partir do Rio de Janeiro.

Modelos baseados em processos aplicados à ciência florestal: uma revisão do estado da arte

Recebido em: 09/04/2021

Aceito em: 13/04/2021

 10.46420/9786588319703cap2

Anny Francielly Ataíde Gonçalves^{1*}

Luciano Cavalcante de Jesus França¹

Juscelina Arcanjo dos Santos¹

Thiza Falqueto Altoé¹

Otávio Camargo Campoe¹

Jose Roberto Soares Scolforo¹

VISÃO GERAL

Atualmente o mundo contabiliza 4,06 bilhões de hectares de florestas, o que equivale a uma ocupação de 31% da área terrestre. As florestas naturais representam 93% ou 3,7 bilhões de hectares da área total de floresta. Apesar disso, nos últimos 30 anos houve redução de 178 milhões de hectares de florestas naturais. Os demais 7% de área está ocupada por florestas plantadas, que aumentaram em 123 milhões de hectares desde 1990 (FAO, 2020).

O aumento na concentração de dióxido de carbono na atmosfera, a ocorrência de extremos de temperatura, a elevação da temperatura média global e variações na quantidade e distribuição de precipitação, afetam diretamente os processos de trocas de energia, carbono, água e nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera (Cramer et al., 2001; Lenihan et al., 2003; Matthews et al., 2004; Euskirchen, et al., 2009; Maia et al., 2020; Chen et al., 2021). Estas alterações resultam em modificações no padrão de crescimento, sobrevivência e estrutura das formações florestais (Chmura et al., 2011). Portanto, os ecossistemas florestais e sua complexidade se tornaram pontos chave de diferentes pesquisas e análises que atentam em apresentar o impacto das alterações climáticas na sua composição, crescimento e produtividade (Castillo et al., 2019; Härkönen et al., 2019; Zhao et al., 2019).

Compreender as respostas ecofisiológicas das árvores e florestas frente à ocorrência das variações climáticas, e com isso, prever essa nova realidade por meio da modelagem, tornou-se uma necessidade de investigação para pesquisadores e gestores florestais. Muitos estudos têm desenvolvido simulações com modelos que incorporam variáveis edáficas e climáticas para projetar o efeito das mudanças climáticas sobre estes sistemas (Prentice et al., 1992; Ise et al., 2010; Chmura et al., 2011; Lo et al., 2011; Gustafson et al., 2014).

¹ Universidade Federal de Lavras - UFLA.

* Autora correspondente: annyfrancielly@gmail.com

Os principais modelos utilizados para esse tipo de pesquisa são os nomeados Modelos Baseados em Processos (MBP). Esses modelos realizam simulações de diferentes processos relacionados a produtividade florestal baseados em mecanismos ecofisiológicos, tais como a fotossíntese, a alocação do carbono, transpiração e, ciclagem de nutrientes (Baesso et al., 2010). Alinhado a isso, esses modelos também requerem dados climáticos compatíveis com a data das coletas das informações ecofisiológicas (Palma et al., 2018).

Os MBP por suas inúmeras possibilidades de aplicação, ao contemplarem mecanismos e condições ambientais diversos relacionados ao desenvolvimento da árvore, resultam na geração de conhecimentos importantes para o setor florestal (Xi et al., 2009; Jin et al., 2016; Gupta et al., 2019). Härkönen et al. (2011) utilizaram de uma abordagem para estimar fluxos de carbono florestal para grandes regiões a partir de um modelo baseado em processos sensíveis ao clima, aliados a dados de inventário florestal nacional e imagens de satélite; Collalti et al. (2014) desenvolveram um modelo baseado em processos para simular o crescimento em florestas com estrutura complexa, nomeadamente floresta mista de carvalhos na Itália, com avaliação e uso do modelo de ecossistema florestal 3D-CMCC e; Palma et al. (2018), avaliaram o uso do clima modelado em substituição a dados observacionais, e compararam o desempenho de um modelo baseado no processo de crescimento florestal (3-PG, *Physiological Principles Predicting Growth*) quando as entradas dos dados climáticos observacionais foram substituídos por dados climáticos modelados.

O MBP mais conhecido na literatura por 3-PG (Landsberg et al., 2003) é um dos mais amplamente utilizados para o manejo florestal, tendo sido desenvolvido por Landsberg et al. (1997). O MBP 3-PG é baseado em uma abordagem de modelagem em processos fisiológicos de ecossistema. As várias aplicações e a natureza flexível do modelo 3-PG resultaram em sua adoção e utilização em várias regiões do mundo. Avanços têm sido demonstrados quanto a este MBP, com o desenvolvimento do modelo 3-PGS (*Physiological Principles in Predicting Growth with Satellite*), que se trata de uma versão modificada e espacial do modelo 3-PG, que aproveitou as vantagens do sensoriamento remoto (SR) e Sistema de Informação Geográfica (SIG) para estimativa de variáveis biofísicas (Gupta et al., 2019).

De maneira geral, o fato é que as pesquisas florestais com o uso de MBP em todo o mundo caracterizam-se por serem interdisciplinares e com vasto campo de aplicação. Justifica-se aqui, portanto, o levantamento e análise crítica do estado da arte quanto a essa temática.

O principal questionamento levantado para o desenvolvimento desta revisão foi sobre quais as tendências apresentadas nas pesquisas florestais com o uso dos MBP em termos de foco temático e abordagem científica aplicada. Desta forma, o objetivo principal deste capítulo foi realizar um levantamento do estado da arte sobre os modelos matemáticos baseados em processos e aplicados à ciência florestal.

MBP: ANÁLISE SOBRE O USO E APLICAÇÃO NOS ESTUDOS FLORESTAIS

A modelagem de dados nas pesquisas florestais encontra-se em desenvolvimento constante, e entre os modelos utilizados têm-se os biométricos, os MBP, e a categoria dos modelos híbridos (Scolforo, 2006; Landsberg et al., 2011), que consistem na fusão dos pontos fortes dos modelos biométricos e MBP.

Os modelos biométricos são utilizados para resumir e simular informações de grandes bases de dados advindas dos inventários florestais e/ou informações de atividades silviculturais. Sua principal limitação é considerar que a qualidade do local é invariante, dessa forma, não possui poder de extrapolação, pois não permite que o efeito do clima seja considerado (Weiskittel et al., 2010), mas, com o objetivo de superar esta limitação, os MBP foram desenvolvidos. Os MBP baseiam-se em processos do sistema solo-planta-atmosfera, e é aplicado em pesquisas pautadas em simular o comportamento de florestas nativas ou plantadas em resposta à disponibilidade de radiação solar, água e nutrientes, que são os três fatores responsáveis pelo crescimento das árvores (Landsberg et al., 2011). Outra categoria de modelos utilizados em pesquisas florestais são os modelos híbridos, estes são usados para simular variáveis florestais como o crescimento das árvores por meio da união de informações dendrométricas e ecofisiológicas (Scolforo et al., 2017; Landsberg et al., 2011; Pretzsch, et al., 2015).

Os MBP os quais se concentram na descrição detalhada dos processos fisiológicos oferecem a vantagem de incorporar os principais mecanismos ecofisiológicos que impulsionam o crescimento da floresta, produzindo extrapolações mais robustas para condições não testadas e sob diferentes regimes de manejo florestal (Weiskittel et al., 2010; Landsberg et al., 2011). Os avanços de tecnologias geoespaciais, como do SIG e SR, têm sido facilitadoras nas extrapolações e aplicabilidade desses MBP no setor florestal (Gupta et al., 2019) para as condições não testadas, já que permitem que avaliações de variações espaço-temporais de diferentes atributos florestais sejam realizadas (Kumar et al., 2015; Kumar et al., 2017).

O modelo C-Fix é um exemplo de MBP que utiliza ferramentas de SIG e SR para auxiliar na estimativa dos fluxos de massa de carbono em escalas locais, regionais e continentais fazendo uso de pequenos números de variáveis meteorológicas de entrada, incluindo observações de satélite (Veroustraete et al., 2004). Outros exemplos de MBP que fazem interface com as ferramentas de SIG e SR são o BIOME-BGC (Coops et al., 2001), modelo G'DAY (Marsden et al., 2013) e o modelo SBDART (Zhang et al., 2021).

Com o uso dos MBP é possível realizar o gerenciamento dos recursos naturais e prever informações futuras sobre determinada variável de interesse (como a biomassa, estoque de carbono ou crescimento das árvores). Isso é possível devido ao uso de informações de outras variáveis que são mais fáceis de serem obtidas (como variáveis climáticas ou do solo) (Vacchiano et al., 2012). O uso do MBP é, portanto, uma valiosa ferramenta para os tomadores de decisões operacionais no setor florestal e já vem sendo usada por empresas florestais no Brasil (Campoe et al., 2013a; Campoe et al., 2013b). Os MBP

podem ser utilizados para diferentes finalidades dentro dos estudos florestais, com diferentes níveis de detalhamento, escala espacial e temporal. São utilizados, por exemplo, para simulações dos processos de crescimento de uma única árvore, de uma paisagem florestal ou de um ecossistema altamente complexo, e em escala temporal de minutos a anos.

Classificamos neste tópico os MBP em nível de escala espacial, dos quais se destacam o modelo de *ecossistema*, modelo de *paisagem*, modelo *regional* (Xi et al., 2009) (Tabela 1). Dentro do grupo de modelo de ecossistema, Jin et al. (2016) propõem uma subclassificação a nível de detalhamento fisiológico (Tabela 2).

Tabela 1. Classes dos modelos baseados em processo, nome do modelo e referências. Fonte: Autoria própria.

Classe dos MBP	Nome do modelo	Referências
Modelo de Paisagem	LANDIS-II	Scheller et al. (2007).
Modelo de Paisagem / Modelo Regional	LANDIS PRO	Wang et al. (2014).
Modelo de Paisagem	FORECE	Kienast (1987);
	FORCLIN	Bugmann (1996);
	DRYADES	Maily et al. (2000).
Modelo de Ecossistema	CBM-CFS	Kurz et al. (1999);
	FORECAST	Kimmins et al. (1999);
	ForNBM	Zhu et al. (2004);
	LINKAGES v2.2	Post et al. (1996);
	PnET-II	Aber et al. (1992); Aber et al. (1995);
	Ecosystem Demography model version 2	Medvigy et al. (2009);
	FULCAM	Waterworth et al. (2007);
Modelo Regional	DF.HGS	Weiskittel et al. (2010);
	FOREST v5.1	Schwalm et al. (2004).
	3PG	Landsberg et al. (1997).
	Landscape DNDC	Haas et al. (2013);
	FOREST-BGC	Running et al. (1988).

Os MBP pertencentes a categoria de paisagem como o próprio nome é sugestivo trabalham com simulações em escala da paisagem florestal. Possibilitam desta forma a simulação dos processos florestais de dispersão, estabelecimento, competição, distúrbios, manejo e seus efeitos interativos na composição e biomassa da floresta (He, 2008; Huang et al., 2017). Essa classe de modelo permite a simulação das mudanças ao longo dos anos e usam dados referenciados espacialmente, e a interação desses fatores é o ponto chave no uso do modelo de paisagem. Nesse tipo de simulação a escala temporal varia de décadas a centenas de anos e a escala espacial fica entre 100 a 10.000 km². De forma geral, os estudos com esta classe de MBP são direcionados para a simulação da paisagem e da estrutura espacial do ecossistema.

Processos espaço-temporais de ocorrência natural (como queimadas) ou processos antrópicos (como os desbastes) podem ser incorporados nesse tipo de simulação (Xi et al., 2009).

Á exemplo, os modelos de paisagem podem fornecer informações sobre a relação entre os distúrbios e a biomassa acima do solo no nível da paisagem (Scheller et al., 2007; He, 2008; Huang et al., 2017; Jager et al., 2017). Entretanto, a desvantagem é que alguns modelos desta classe não realizam simulações relacionadas a processos dos ecossistemas florestais, por exemplo, os processos biogeoquímicos. Essa característica limita sua capacidade de prever a dinâmica de carbono abaixo do solo (Huang et al., 2017).

O MBP LANDIS-II é um exemplo de modelo de paisagem que foi desenvolvido para realizar simulações de sucessão florestal, dispersão de sementes, distúrbios florestais e tratamentos silviculturais em diferentes escalas espaciais e temporais (Scheller et al., 2007). Thompson et al. (2016) estudaram o LANDIS-II FLM e utilizaram uma extensão denominada de Land Use Plus (LU+). Essa extensão aumentou significativamente a amplitude das pesquisas, e permitiu que os usuários integrassem mapas de uso da terra ou de mudança na cobertura do solo, e assim, possibilitou a realização da modelagem dos efeitos imediatos de distúrbios sobre a composição das espécies e na biomassa da floresta.

O grupo de MBP em nível de ecossistema tem apresentado destaque em estudos aplicados ao funcionamento do ecossistema, de forma que a modelagem de dados florestais tem sido utilizada, por exemplo, para realizar simulações dos fluxos de carbono e da produtividade para diferentes biomas e espécies em todo o planeta (Bagnara et al., 2018). Dentre as características dos modelos de ecossistemas florestais cabe citar que essa categoria de modelos apresenta forte ligação entre os processos físicos e biológicos (como fotossíntese, crescimento, mortalidade e decomposição) na simulação da dinâmica do carbono acima do solo (Huang et al., 2017).

Os MBP em nível de ecossistema utilizam abordagens físicas generalizadas para modelar os fluxos de massa e energia que controlam os principais processos ecológicos (He, 2008), e oferecem informações valiosas sobre os efeitos das mudanças climáticas em longo prazo na dinâmica do carbono. O estoque de carbono dos ecossistemas florestais são o resultado de interações entre o crescimento da floresta, o clima, o solo e os processos de paisagem da floresta (Huang et al., 2017). Entre os modelos em nível de ecossistemas florestais desenvolvidos para simulação de estoque de carbono, cabe citar o CBM-CFS (Kurz et al., 1999), FORECAST (Kimmins et al., 1999), ForNBM (Zhu et al., 2004) e o LINKAGES v2.2 (Post et al., 1996). Estes modelos são amplamente utilizados para estudar a dinâmica do carbono em importantes formações florestais, como as florestas boreais, que são florestas altamente sensíveis às mudanças climáticas. Visto que alterações no estoque de carbono destas florestas podem alterar significativamente o balanço de carbono de todo o ecossistema terrestre (Huang et al., 2017).

O modelo LINKAGES v2.2 é utilizado para simular o fluxo e armazenamento de carbono, e o nitrogênio em ecossistemas florestais. Este modelo considera as interações entre quatro grupos de

processos: os fisiológicos, determinantes para o crescimento individual das árvores; os demográficos, que determinam a dinâmica da floresta; os microbianos, que determinam a disponibilidade de nitrogênio e; os processos hídricos, ligados a disponibilidade de água no ecossistema (Post et al., 1996).

De acordo com o nível de detalhamento dos processos fisiológicos que os MBP florestais em escala ecossistêmica consideram, Jin et al., (2016) definiram as seguintes classificações: (i) modelos fisiológicos simples (MFS), (ii) modelos fisiológicos complexos (MFC) e (iii) modelos empírico-fisiológicos híbridos (MFH), conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Descrição dos MBP em escala de ecossistema florestal baseados no nível de detalhamento dos processos fisiológicos. Fonte: Jin et al., (2016) e editado pelos autores.

Classes	Descrição
MBP	
(i) MFS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizam relações mais simples entre a fotossíntese e variáveis ambientais e biológicas. ▪ A parametrização é mais simplificada, requer menor esforço computacional, no entanto, as informações geradas são em nível de ecossistema florestal.
(ii) MFC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Envolvem maior número de variáveis, e esse tipo de modelo faz simulações da dinâmica de carbono para os ecossistemas florestais relacionando as condições edafoclimáticas com os processos fisiológicos. ▪ Possibilita a simulação de processos, como a dinâmica sucessional de espécies de forma simplificada. Pode ser utilizado também para representar a composição e estrutura das florestas, mas, não fornecem informações por espécies, limitando o seu uso nesse sentido, como no entendimento da dinâmica do carbono de uma única espécie.
(iii) MFH	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabalham com relações empíricas de tamanho versus idade para realizarem as simulações da dinâmica da biomassa lenhosa acima do solo para as árvores de forma individual, ao invés de simular por meio de processos fisiológicos. Esse tipo de modelo pode implementar processos mecanicistas, como troca de carbono atmosfera-solo.

O modelo PnET-II pertence à classe MFS e realiza simulações do balanço de carbono e da água em ecossistemas florestais (Aber et al., 1992; Aber et al., 1995). Esse modelo tem sido empregado em estudos como o de Wu et al., (2020) desenvolvidos na China. Esses pesquisadores calcularam a produtividade primária líquida máxima acima do solo e a probabilidade de estabelecimento de diferentes espécies em uma floresta subtropical.

Em relação aos MFC, o Ecosystem Demography model version 2 (ED2) é um exemplo de MBP que representa essa classe. Esse modelo foi utilizado na pesquisa de Paul-Limoges et al., (2020) que objetivou particionar o valor da evapotranspiração em cotas de transpiração e de evaporação em uma floresta mista temperada, localizada na Suíça.

Sobre a classe MFH temos como exemplo o FULCAM (Waterworth et al., 2007), o DF.HGS (Weiskittel et al., 2010) e o LINKAGES v2.2 (Post et al., 1996). Em relação ao modelo DF.HGS, ele foi desenvolvido para manejar florestas de coníferas no noroeste do Pacífico, localizadas nos EUA. Em sua estruturação foi incorporado um modelo empírico de crescimento das árvores, componentes que representam os processos fisiológicos fundamentais, e a alometria detalhada das árvores para projeção do desenvolvimento individual e dos talhões. Além disso, o modelo DF.HGS conta com informações detalhadas sobre: a estrutura da copa, tamanho, localização e massa das folhas dos ramos primários; representação dos principais processos fisiológicos, como estimativas de fotossíntese respiração, produção primária líquida e disponibilidade hídrica no solo e; caracterização do local e do índice do local. Como resultado da sua aplicação, foi observado previsões de crescimento em volume de madeira com média aproximada de 36% menos de viés, quando comparado às estimativas de outros modelos do tipo empírico (Weiskittel et al., 2010).

Embora os modelos híbridos tenham algumas limitações quando comparados aos modelos de base puramente fisiológica, eles fornecem uma estrutura simples vinculada ao crescimento que produzem dados e conhecimento empírico sobre o gerenciamento florestal. E ainda, fornecem uma base sólida para melhorar as projeções de crescimento e estimar os estoques de carbono da floresta (Waterworth et al., 2007).

Alguns MBP em nível de ecossistema utilizam parâmetros globais constantes durante a simulação. No entanto, algumas aplicações da modelagem requerem variabilidade no uso dos parâmetros dentro de um domínio, por exemplo, parâmetros específicos como o uso ou tipo do solo em escala regional (Haas et al., 2013). Assim, existe a classe dos MBP denominada de modelo regional que trabalha em escala regional ou local, e apresentam como característica principal o uso de parâmetros específicos que refletem as diferenças entre espécies e regiões.

O modelo de paisagem LandscapeDNDC representa esta classe. Ele foi desenvolvido por Haas et al. (2013) e é baseado parcialmente no modelo DNDC (Li et al., 1992; Werner et al., 2007; Beheydt et al., 2007; Blagodatsky et al., 2011). O modelo de paisagem LandscapeDNDC é capaz de incorporar vários parâmetros que diferenciam, em seu processo de simulação, diferentes tipos de vegetação e de sistemas para o gerenciamento de fluxos entre a biosfera-atmosfera-hidrosfera, relacionados ao carbono, nitrogênio e água nos ecossistemas florestais. Permite, assim, a simulação da dinâmica de mudanças no uso da terra em escala regional ou local (Haas et al., 2013). Alguns modelos de ecossistemas e de paisagem também podem desenvolver versões que possibilitam trabalhar em escala regional, por exemplo, o LANDIS PRO (Wang et al., 2014) e FOREST-BGC (Running et al., 1988).

Ressalta-se que os diferentes grupos de MBP não são excludentes quanto ao processo da modelagem dos dados florestais. Um exemplo de como tais modelos podem ser aplicados juntos é a pesquisa desenvolvida por Huang et al., (2017). Esses pesquisadores propuseram uma metodologia para

a aplicação do modelo LINKAGES v2.2 (modelo de ecossistema) acoplado ao modelo LANDIS PRO (modelo de paisagem). Foi possível, assim, estimar a quantidade de carbono acima do solo e o carbono orgânico do solo em uma área de floresta boreal localizada na China.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os MBP possibilitam que as florestas e os seus processos de crescimento e desenvolvimento sejam visualizados de forma interligada, facilitando dessa forma, a compreensão do funcionamento dos ecossistemas florestais. O campo de pesquisa relacionado ao uso de MBP é diverso e vem crescendo no setor florestal devido a necessidade de entender, simular e modelar os processos que englobam o sistema solo-planta-atmosfera.

As especificidades e a amplitude espacial que cada MBP faz uso e consegue explicar, fez com que estes fossem categorizados em diferentes classes (a nível de ecossistema, paisagem e regional), de tal forma que é uma das características que facilita aos usuários utilizarem o MBP que melhor se adequa aos seus objetivos e aos tipos de dados que serão analisados.

Além disso, os MBP também fornecem informações e dados importantes que auxiliam nas atividades do manejo e gerenciamento das florestas. Os MBP são amplamente utilizados na predição e simulações de crescimento, gerenciamento dos recursos naturais além de estudar a dinâmica do carbono e prever informações futuras em cenários de mudanças climáticas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao Departamento de Ciências Florestais e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais, Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aber JD et al. (1992). A generalized, lumped-parameter model of photosynthesis, evapotranspiration and net primary production in temperate and boreal forest ecosystems. *Oecologia*, 92(4): 463-474.
- Aber JD et al. (1995). Predicting the effects of climate change on water yield and forest production in the northeastern United States. *Climate Research*, 5: 207-222.
- Baesso RCE et al. (2010). Impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto na região norte do Espírito Santo e sul da Bahia. *Ciência Florestal*, 20(2): 335-344.
- Bagnara M et al. (2018). Bayesian calibration of simple forest models with multiplicative mathematical structure: a case study with two light use efficiency models in an alpine forest. *Ecological Modelling*, 371: 90-100.

- Beheydt D et al. (2007). Validation of DNDC for 22 long-term N₂O field emission measurements. *Atmospheric Environment*, 41(29): 6196-6211.
- Blagodatsky S et al. (2011). Modelling of microbial carbon and nitrogen turnover in soil with special emphasis on N-trace gases emission. *Plant And Soil*, 346 (1-2): 297-330.
- Bugmann HKM et al. (1996). A Simplified Forest Model to Study Species Composition Along Climate Gradients. *Ecology*, 77(7): 2055-2074.
- Campoe OC et al. (2013a). Stem production, light absorption and light use efficiency between dominant and non-dominant trees of *Eucalyptus grandis* across a productivity gradient in Brazil. *Forest Ecology And Management*, 288: 14-20.
- Campoe OC et al. (2013b). Fertilization and irrigation effects on tree level aboveground net primary production, light interception and light use efficiency in a loblolly pine plantation. *Forest Ecology And Management*, 288: 43-48.
- Castillo EMD et al. (2019). Modeling tree-growth: assessing climate suitability of temperate forests growing in moncayo natural park (Spain). *Forest Ecology and Management*, 435:128-137.
- Chen Z et al. (2021). Effects of global warming on pattern dynamics of vegetation: Wuwei in China as a case. *Applied Mathematics and Computation*, 390:125666.
- Chmura DJ et al. (2011). Forest responses to climate change in the northwestern United States: ecophysiological foundations for adaptive management. *Forest Ecology And Management*, 261(7): 1121-1142.
- Collalti A et al. (2014). A process-based model to simulate growth in forests with complex structure: evaluation and use of 3d-cmcc forest ecosystem model in a deciduous forest in central Italy. *Ecological Modelling*, 272: 362-378.
- Coops N et al. (2001). Comparisons of predictions of net primary production and seasonal patterns in water use derived with two forest growth models in Southwestern Oregon. *Ecological Modelling*, 142(1-2): 61-81.
- Cramer W et al. (2001). Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: results from six dynamic global vegetation models. *Global Change Biology*, 7(4): 357-373.
- Euskirchen ES et al. (2009). Changes in vegetation in northern Alaska under scenarios of climate change, 2003–2100: implications for climate feedbacks. *Ecological Applications*, 19(4): 1022-1043.
- FAO - Food and Agriculture Organization. Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings. Roma. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/CA8753EN/CA8753EN.pdf>>. Acesso em: 14/09/2020.
- Gupta R et al. (2019). The process-based forest growth model 3-PG for use in forest management: a review. *Ecological Modelling*, 397: 55-73.

- Gustafson EJ et al. (2015). Integrating ecophysiology and forest landscape models to improve projections of drought effects under climate change. *Global Change Biology*, 21(2): 843-856.
- Haas E et al. (2013). LandscapeDNDC: a process model for simulation of biosphere atmosphere hydrosphere exchange processes at site and regional scale. *Landscape Ecology*, 28(4): 615-636.
- Härkönen S et al. (2011). Estimating forest carbon fluxes for large regions based on process-based modelling, NFI data and Landsat satellite images. *Forest Ecology And Management*, 262(12): 2364-2377.
- Härkönen S et al. (2019). A climate-sensitive forest model for assessing impacts of forest management in Europe. *Environmental Modelling & Software*, 115: 128-143.
- He HS (2008). Forest landscape models: definitions, characterization, and classification. *Forest Ecology And Management*, 254(3): 484-498.
- Huang C et al. (2017). A coupled modeling framework for predicting ecosystem carbon dynamics in boreal forests. *Environmental Modelling & Software*, 93: 332-343.
- Ise T et al. (2010). Simulating boreal forest dynamics from perspectives of ecophysiology, resource availability, and climate change. *Ecological Research*, 25(3): 501-511.
- Jager NR et al. (2017). Simulating ungulate herbivory across forest landscapes: A browsing extension for LANDIS-II. *Ecological Modelling* 350: 11-29.
- Jin W et al. (2016). Are more complex physiological models of forest ecosystems better choices for plot and regional predictions?. *Environmental Modelling & Software*, 75: 1-14.
- Kienast FF (1987). A forest succession model for southern central Europe. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee: ORNL/TM-10575.
- Kimmins JP et al. (1999). Modelling forest ecosystem net primary production: the hybrid simulation approach used in forecast. *Ecological Modelling*, 122(3): 195-224.
- Kumar L et al. (2015). Review of the use of remote sensing for biomass estimation to support renewable energy generation. *Journal Of Applied Remote Sensing*, 9(1): 097696.
- Kumar L et al. (2017). Remote Sensing of Above-Ground Biomass. *Remote Sensing*, 9(9): 935.
- Kurz WA et al. (1999). A 70-year retrospective analysis of carbon fluxes in the canadian forest sector. *Ecological Applications*, 9(2): 526-547.
- Landsberg JJ et al. (2011). *Physiological Ecology of Forest Production: Principles, Processes and Models*. Academic Press: London, 331p.
- Landsberg JJ et al. (1997). A generalized model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecology and Management*, 95(3):209-228.
- Landsberg JJ et al. (2003). Performance of the forest productivity model 3-PG applied to a wide range of forest types. *Forest Ecology And Management*, 172(2-3): 199-214.

- Lenihan JM et al. (2003). Climate change effects on vegetation distribution, carbon, and fire in California. *Ecological Applications*, 13(6): 1667-1681.
- Li C et al. (1992). A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events: 1. model structure and sensitivity. *Journal Of Geophysical Research: Atmospheres*, 97(9): 9759-9776.
- Lo Y-H et al. (2011). Linking climate change and forest ecophysiology to project future trends in tree growth: A review of forest models. *Climate change research and technology for adaptation and mitigation*, 63-87.
- Mailly D et al. (2000). Disturbance and succession in a coniferous forest of northwestern North America: simulations with dryades, a spatial gap model. *Ecological Modelling*, 127(2-3): 183-205.
- Marsden C (2013). Modifying the G'DAY process-based model to simulate the spatial variability of Eucalyptus plantation growth on deep tropical soils. *Forest Ecology and Management*, 301(1): 112-128.
- Matthews HD et al. (2004). Natural and anthropogenic climate change: incorporating historical land cover change, vegetation dynamics and the global carbon cycle. *Climate Dynamics*, 22(5): 461-479.
- Medvigy D et al. (2009). Mechanistic scaling of ecosystem function and dynamics in space and time: ecosystem demography model version 2. *Journal Of Geophysical Research*, 114(1): 1-21.
- Muller A et al. (2020). The valuation of forest ecosystem services as a tool for management planning – A choice experiment. *Journal of Environmental Management*, 271.
- Palma JHN et al. (2018). Using high-resolution simulated climate projections in forest process-based modelling. *Agricultural And Forest Meteorology*, 263:100-106.
- Paul-Limoges E et al. (2020). Partitioning evapotranspiration with concurrent eddy covariance measurements in a mixed forest. *Agricultural And Forest Meteorology*, 280: 107786-107798.
- Pommerening A et al. (2020). Democratizing forest management: Applying multiwinner approval voting to tree selection. *Forest Ecology and Management*, 478.
- Post WM et al. (1996). Linkages - an individual-based forest ecosystem model. *Climatic Change*, 34(2): 253-261.
- Prentice IC et al. (1992). Special paper: a global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography*, 19: 117-134.
- Pretzsch H et al. (2015). Representation of species mixing in forest growth models. A review and perspective. *Ecological Modelling*, 313: 276-292.
- Running SW et al. (1988). A general model of forest ecosystem processes for regional applications I. Hydrologic balance, canopy gas exchange and primary production processes. *Ecological Model*, 42: 125–154.

- Scheller RM et al. (2007). Design, development, and application of LANDIS-II, a spatial landscape simulation model with flexible temporal and spatial resolution. *Ecological Modelling*, 201(3-4): 409-419.
- Schulze K et al. (2019). Towards better mapping of forest management patterns: A global allocation approach. *Forest Ecology and Management*, 432: 776-785.
- Schwalm CR et al. (2004). A process-based model of forest ecosystems driven by meteorology. *Ecological Modelling*, 179(3): 317-348.
- Scolforo HF et al. (2017). Incorporating rainfall data to better plan Eucalyptus clones deployment in eastern Brazil. *Forest Ecology and Management*, 391: 145-153.
- Scolforo JRS (2006). *Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal*. Lavras: FAEPE-UFLA. 393p.
- Thompson JR et al. (2016). A LANDIS-II extension for incorporating land use and other disturbances. *Environmental Modelling & Software*, 75(202-205).
- Vacchiano G et al. (2012). Modeling Italian forests: state of the art and future challenges. *Iforest - Biogeosciences And Forestry*, 5(1): 113-120.
- Veroustraete F et al. (2004). Carbon mass fluxes of forests in Belgium determined with low resolution optical sensors. *International Journal of Remote Sensing*, 25: 769-792.
- Wang WJ et al. (2014). LANDIS PRO: a landscape model that predicts forest composition and structure changes at regional scales. *Ecography*, 37(3): 225-229.
- Waterworth RM et al. (2007). A generalised hybrid process-empirical model for predicting plantation forest growth. *Forest Ecology And Management*, 238(1-3): 231-243.
- Weiskittel AR et al. (2010). A hybrid model for intensively managed Douglas-fir plantations in the Pacific Northwest, USA. *European Journal Of Forest Research*, 129(3): 325-338.
- Werner C et al. (2007). A global inventory of N₂O emissions from tropical rainforest soils using a detailed biogeochemical model. *Global Biogeochemical Cycles*, 21(3).
- Wu Z et al. (2020). Assessing differences in the response of forest aboveground biomass and composition under climate change in subtropical forest transition zone. *Science Of The Total Environment*, 706: 135746-135760.
- Xi W et al. (2009). Review of forest landscape models: types, methods, development and applications: Types, methods, development and applications. *Acta Ecologica Sinica*, 29(1): 69-78.
- Zhao J et al. (2019). Evaluating impacts of climate change on net ecosystem productivity (NEP) of global different forest types based on an individual tree-based model FORCCHN and remote sensing. *Global and Planetary Change*, 182: 1-10.


Zhang Z et al. (2021). Estimation of aerosol radiative effects on terrestrial gross primary productivity and water use efficiency using process-based model and satellite data. *Atmospheric Research*, 247(1): 105245

Zhu Z et al. (2004). A test and application of the model ForNBM in a northeastern Ontario jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) stand. *Forest Ecology And Management*, 193(3): 385-397.

Contribuição ao estudo alelopático de *Ateleia glazioveana* Baill na germinação de picão-preto e soja


Recebido em: 12/04/2021


Aceito em: 13/04/2021

 10.46420/9786588319703cap3

Thalía Preussler Birck^{1*} 

Raquel Stefanello² 

Charleston dos Santos Lima³ 

Maria de Fatima Ribeiro Chicatte Lima⁴ 

INTRODUÇÃO

Diversas espécies de plantas e microrganismos são capazes de secretar compostos do metabolismo secundário que interferem positiva ou negativamente no crescimento de outras espécies. Esse fenômeno natural é conhecido como alelopátia e seu efeito pode ser indireto, por transformação no solo, quando os compostos são liberados no ambiente, ou através do processo de decomposição das plantas, pela atividade de microrganismos (Inderjit et al., 2011; Vieira et al., 2013).

Os metabólitos secundários ou aleloquímicos tendem a se acumular nas folhas, porém foram encontrados em todos os órgãos da planta. A liberação desses metabólitos pode ocorrer via lixiviação das plantas pela chuva, orvalho e neblina, decomposição de resíduos vegetais, exsudação das raízes e volatilização pelos órgãos aéreos da planta (Rice, 1984; Reigosa et al., 2013). Contudo, a composição e a quantidade desses compostos dependem das espécies vegetais envolvidas no processo, de sua evolução, de suas estratégias de defesa e das condições ambientais (Silva, 2012).

Vários estudos realizados ao longo dos anos demonstram que compostos oriundos do metabolismo secundário, de uma determinada espécie, podem modificar o crescimento e o desenvolvimento de plantas, em condições de laboratório, e também no campo (Vieira et al., 2013). Neste sentido, a atividade de aleloquímicos pode ser explorada na agricultura, como alternativa para a redução da utilização de agroquímicos e na identificação de novas moléculas com potencial de ação inseticida, bactericida, nematocida e, principalmente, com potencial herbicida; reduzindo os prejuízos causados pelas plantas daninhas às culturas em geral, a contaminação de culturas alimentares, a poluição ambiental e os custos de produção (Vieira et al., 2013; Jabran et al., 2015).

¹ Universidade Federal de Santa Maria. (UFSM), aluna do Curso de Ciências Biológicas.

² UFSM, Bióloga, Dr^a em Agronomia.

³ UFSM, Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agrobiologia.

⁴ UFSM, Bióloga, mestranda no Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia.

* Autora correspondente: thaliapbirck@gmail.com

Observações em formações vegetais onde ocorre a espécie *Ateleia glazioveana* Baill., permitiram considerar a hipótese sobre seu possível efeito alelopático sobre outras plantas, uma vez que apresenta sinais de inibição ao desenvolvimento de outras espécies em condições de campo. *Ateleia glazioveana* (Figura 1), conhecida popularmente como timbó, é uma árvore nativa do Rio Grande do Sul, pertencente à família Fabaceae. No Brasil, tem sua ocorrência registrada nos estados do Rio Grande do Norte, Mato Grosso do Sul, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina (Mansano et al., 2020). É uma planta precursora e agressiva, que apresenta regeneração natural intensa, formando povoamentos densos, sendo considerada uma planta invasora, tal é seu vigor reprodutivo e vegetativo (Carvalho, 2002).



Figura 1. Planta jovem (a), folha, frutos e sementes (b) de *Ateleia glazioveana*. Créditos: Lima (2020).

Dados da literatura reportam que os extratos aquosos de *A. glazioveana* possuem potencial fungitóxico aos fungos representantes da podridão branca e parda (*Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum*) e potencial pesticida às térmitas (*Nasutitermes* sp.), podendo vir a serem empregados como biopreservantes de madeiras (Talgatti et al., 2020). Além do mais, é a planta tóxica mais importante para o noroeste do Rio Grande do Sul e oeste de Santa Catarina. Suas folhas possuem atividade citotóxica e quando ingeridas podem provocar aborto em bovinos, ovinos, e eqüinos, além de fibrose e lesões cardíacas (Gava et al., 2001; Nascimento et al., 2018).

O efeito alelopático de *A. glazioviana* foi analisado por Marona et al. (2003) e Anese et al. (2007) em sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) utilizando baixas concentrações do extrato (até 30%). No entanto, os efeitos de altas concentrações (até 100%) deste extrato ainda não são conhecidos para outras espécies vegetais. Neste contexto, o objetivo desse estudo foi verificar o efeito alelopático de *Ateleia glazioviana* sobre a germinação e o desenvolvimento inicial de picão-preto (*Bidens pilosa* L.) e soja (*Glycine max* (L.) Merr.).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório de Genética Vegetal, do Departamento de Biologia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS. Para as avaliações do efeito alelopático, as folhas de *Ateleia glazioviana* coletadas no município de Condor – RS (latitude 28°13'46.33"S e longitude 53°28'6.42"O) foram trituradas, em liquidificador, por aproximadamente 2 minutos, na proporção de 100 g de folhas frescas para 1 litro de água destilada, sendo este considerado o extrato bruto 100% (p/v), conforme Bonfim et al. (2011). Posteriormente, a mistura permaneceu em repouso durante 24 horas (no escuro e sob refrigeração ± 10 °C). Decorrido este período, os extratos foram filtrados em papel filtro e, partir deste, foram obtidas as concentrações correspondentes a 25, 50, 75 e 100%. Como testemunha (0%) foi utilizada somente água destilada.

O efeito alelopático dos extratos vegetais na germinação de picão-preto e soja foi avaliado através do teste de germinação, realizado com quatro repetições de 50 sementes, distribuídas sobre três folhas de papel *germitest* umedecidas com água destilada ou o respectivo extrato. Após a semeadura, os rolos de papel foram mantidos na temperatura de 25 °C, com 12 horas de luz, sendo as contagens para cada espécie realizadas de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, anormais e sementes não germinadas. Para avaliação do índice de velocidade de germinação (IVG), as contagens das sementes germinadas foram efetuadas diariamente, no mesmo horário considerando como critério de germinação a protrusão da raiz primária. O índice de velocidade de germinação foi calculado empregando-se a fórmula de Maguire (1962).

Para avaliação do comprimento, dez plântulas de cada repetição obtidas do teste de germinação nos diferentes extratos foram medidas, aleatoriamente, com o auxílio de uma régua milimetrada. O comprimento médio das plântulas foi obtido somando-se as medidas de cada repetição e dividindo-se pelo número de plântulas normais mensuradas, com resultados expressos em centímetros (cm). Em seguida, as dez plântulas normais de cada repetição resultantes do teste de comprimento foram mantidas em sacos de papel, em estufa com temperatura de 60 °C, até a obtenção de massa constante (48 h). Posteriormente, as plântulas foram novamente pesadas em balança de precisão, com resolução de 0,001 g, sendo os resultados expressos em miligramas (mg).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, onde os tratamentos foram constituídos pelas diferentes concentrações dos extratos e analisados pelo programa Sisvar (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância demonstrou efeito significativo das concentrações dos extratos de folhas de *Ateleia glazioviana* na percentagem de germinação, IVG, comprimento e massa seca das plântulas de picão-preto e soja.

Quando as sementes foram submetidas aos diferentes extratos de folhas de *A. glazioviana* observou-se redução na percentagem de germinação a partir das concentrações 75% (soja) e 100% (picão-preto) (Figura 2a). Para o índice de velocidade de germinação (IVG), os resultados indicaram redução significativa do número de sementes germinadas por dia em relação ao controle (Figura 2b), a partir da concentração 25% (picão-preto) e 50% (soja).

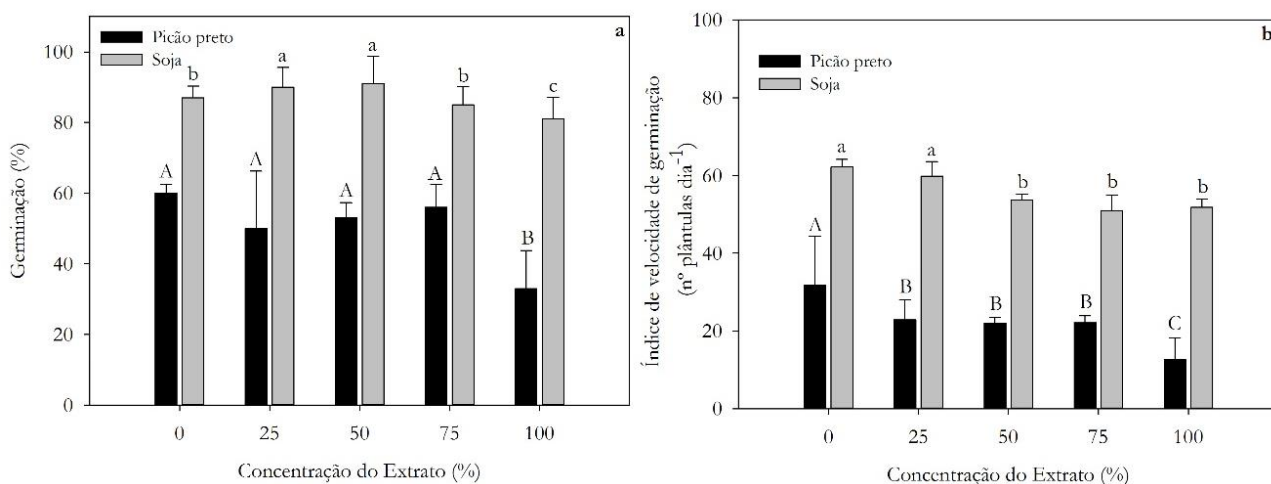


Figura 2. Percentagem de germinação (a) e índice de velocidade de germinação (b) de picão-preto e soja sob diferentes concentrações de extratos aquosos de *Ateleia glazioviana*.

Resultados semelhantes foram observados por Anese et al. (2007) utilizando extratos aquosos de folhas e caules de *A. glazioviana* em menores concentrações do que neste estudo (5, 10, 20 e 30%). Esses autores verificaram que apenas os tratamentos com os extratos nas concentrações de 20 e 30% apresentaram efeito inibidor significativo sobre a germinação de sementes de alface. Além disso, concluíram que os indicadores crescimento da parte aérea e da raiz mostraram-se bons parâmetros para analisar a toxicidade das diferentes concentrações dos extratos aquosos de folhas de *A. glazioviana*.

Similarmente, Marona et al. (2003) verificaram os efeitos inibitórios de extratos de folhas de *A. glazioviana* na germinação e no crescimento de sementes de alface, após fracionamento do extrato aquoso

com diclorometano, acetato de etila e n-butanol. Os resultados desses experimentos indicam que a germinação das sementes e o crescimento das raízes de alface foram significativamente inibidos pelos extratos dessa planta. O efeito alelopático da fração diclorometano pode estar relacionado aos principais compostos fenólicos como a rutina e a afrormosina isoladas desta fração.

Do mesmo modo, os extratos de folhas de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Fabaceae) apresentaram efeito alelopático sobre a germinação da planta daninha *Bidens pilosa* L., com redução da velocidade de germinação e menor número de sementes germinadas (Lessa et al., 2019). De acordo com Oliveira et al. (2020), constituintes químicos como flavonoides, cumarinas, taninos, ácidos fenólicos, terpenoides e alcaloides estão presentes nos representantes da família Fabaceae, sendo notório que tais substâncias manifestam um efeito alelopático.

Os aleloquímicos uma vez absorvidos pela planta-alvo passam a afetar diferentes processos fisiológicos e metabólicos, em diferentes intensidades dependendo principalmente da concentração do composto em nível celular (Souza Filho, 2014). Além disso, conforme esses autores respostas à presença de compostos alelopáticos podem estar ligadas a perturbações na membrana plasmática, interações com reguladores de crescimento (hormônios), ação sobre a divisão e expansão celular e respiração. Tais informações parecem explicar as modificações evidenciadas, principalmente nas maiores concentrações estudadas, 75 e 100%.

Adicionalmente, no presente estudo foi verificado aumento na percentagem de plântulas anormais, em ambas as espécies nas maiores concentrações analisadas (Figura 3). As raízes primárias de soja se apresentaram mais espessas, com oxidação e necrose nas pontas ou eram atrofiadas.

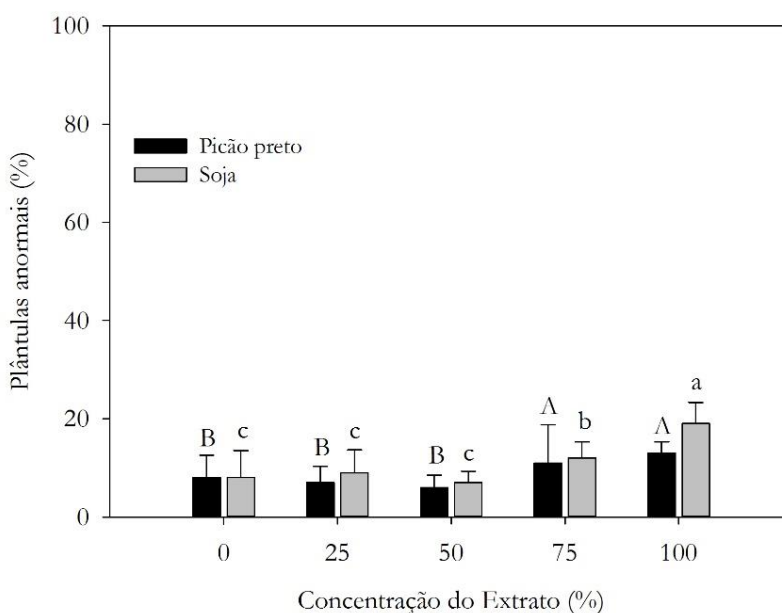


Figura 3. Percentagem de plântulas anormais de picão-preto e soja sob diferentes concentrações de extratos aquosos de *Ateleia glazioviana*.

De um modo geral, as raízes são mais sensíveis às substâncias presentes nos extratos quando comparadas às demais estruturas da plântula, pois estão em contato direto e prolongado com os aleloquímicos do que outras estruturas (Ferreira et al., 2020). De acordo com Ferreira et al. (2000), a germinação é menos sensível aos compostos aleloquímicos do que o crescimento da plântula, pois as substâncias alelopáticas podem induzir o aparecimento de plântulas anormais, sendo a necrose da radícula um dos sintomas mais frequentes. Resultados similares foram verificados por Oliveira et al. (2016) utilizando extratos de outros representantes da família Fabaceae como *Erythrina velutina* Willd. e *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm. observando ausência de pelos radiculares, necrose radicular e gravitropismo negativo em plântulas de *Cucumis melo*.

Em relação à influência alelopática no desenvolvimento inicial das plântulas das espécies testadas, o comprimento (da parte aérea e da raiz) e a massa seca das plântulas foram reduzidos significativamente com o aumento da concentração dos extratos aquosos de folhas de *A. glazioviana* (Figuras 4a e 4b). A partir da concentração 25%, a diminuição do tamanho da raiz primária das plântulas de soja veio associada a modificações morfológicas quando comparadas às plântulas testemunhas.

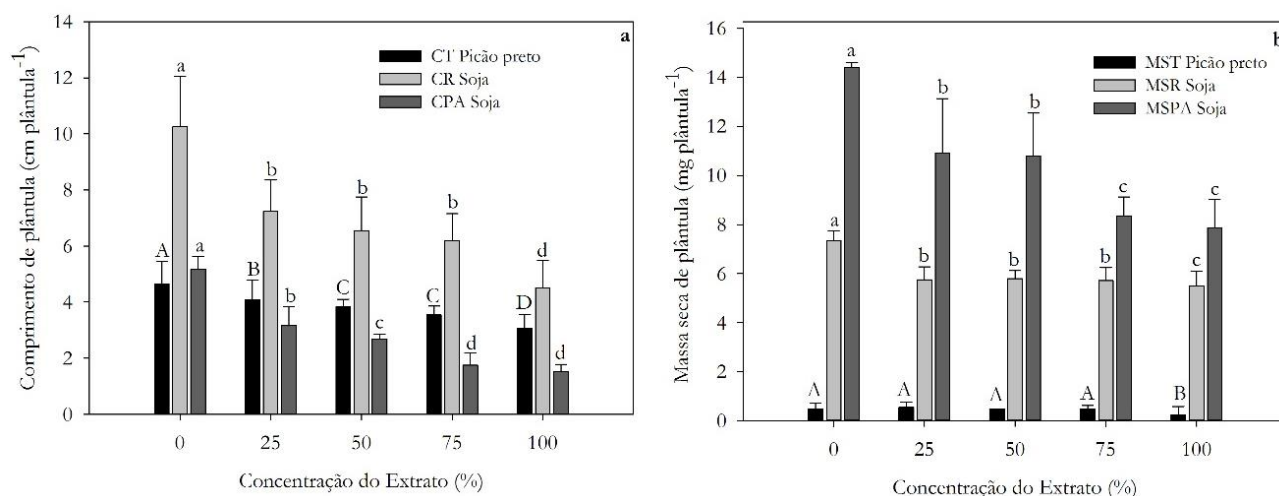


Figura 4. Comprimento (a) e massa seca (b) de plântulas de picão-preto e soja sob diferentes concentrações de extratos aquosos de *Ateleia glazioviana*. CT = comprimento total; CR = comprimento de raiz; CPA = comprimento de parte aérea; MST = massa seca total; MSR = massa seca de raiz; MSPA = massa seca de parte aérea.

Os resultados deste trabalho demonstram que os efeitos alelopáticos dos extratos dependem da concentração em que a substância está presente. Geralmente, a alelopátia tem impactos mais expressivos no crescimento da planta do que na germinação das sementes (Zhang et al., 2020). Frequentemente, os compostos químicos que possuem atividade alelopática podem interferir de várias maneiras no metabolismo das plantas como redução e/ou inibição da germinação de sementes, do crescimento inicial da parte aérea, do sistema radicular, alterando a absorção de nutrientes, a fotossíntese, a respiração, a

permeabilidade da membrana celular, a síntese protéica e a atividade enzimática (Gusman et al., 2015; Taiz et al., 2017).

De forma complementar, Oliveira et al. (2020) constataram que das 24 espécies da família Fabaceae investigadas todas apresentaram em sua composição química substâncias responsáveis por gerar um efeito alelopático sobre outras plantas, evidenciando, dessa forma, uma função ecológica desses vegetais para a constituição dos ecossistemas em que se encontram. Além disso, tal característica pode inferir uma possível utilização das mesmas no controle de plantas daninhas, que representam um grave problema para os produtores.

Neste contexto, o uso de alelopatia, devido ao seu excelente potencial de interação, pode ser considerado uma alternativa viável para o manejo de plantas daninhas, permitindo a utilização de compostos alelopáticos na produção de substâncias bioativas (Ferreira et al., 2020). Adicionalmente, a utilização destas substâncias em espécies vegetais contribui para a redução no uso de agroquímicos que provocam danos ambientais, alterações nas propriedades físico-químicas do solo e na deficiência de nutrientes (Lima et al., 2011). Também, o uso de plantas que liberam componentes alelopáticos poderá ser empregado como uma das etapas no manejo integrado de plantas daninhas, favorecendo a cultura, o homem e o meio ambiente (Neves et al., 2021).

Neste estudo, apesar do efeito prejudicial encontrado para o estabelecimento da planta daninha estudada (*Bidens pilosa*), verificou-se influência negativa para o estabelecimento da soja em função do extrato de *A. glazioviana*. Isso sugere que a espécie em estudo apresenta potencial bioherbicida para controle de plantas daninhas, mas não pode estar associada a cultivos de soja em possíveis sistemas de integração. Recomenda-se, portanto, que estas áreas de cultivo próximas de formações florestais naturais ou áreas recuperadas devem ser monitoradas para constante limpeza, eliminando possíveis restos vegetais de *A. glazioviana* em lavouras comerciais.

Por fim, é possível inferir o possível uso de extratos de folhas de *A. glazioviana* como alternativa ao uso de herbicidas, inseticidas e nematicidas cujo uso intensivo e indiscriminado destes últimos pode representar implicações negativas ao ambiente, à saúde humana e animal. No entanto, para complementar esse estudo, pesquisas futuras são importantes, uma vez que variáveis ambientais como umidade, temperatura e luz, bem como as características do solo, idade e órgão da planta, podem promover alterações na estrutura química dos compostos produzidos e no grau de atividade dessas substâncias quando liberadas no meio.

CONCLUSÃO

Nas condições em que se desenvolveu este estudo, constatou-se que os extratos aquosos de folhas de *A. glazioviana*, a partir de 75 e 100%, exerceram efeito prejudicial moderado sobre a germinação de

sementes de soja e picão-preto (respectivamente), bem como no crescimento de plântulas (a partir de 25%), evidenciando a ação alelopática dos referidos extratos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Anese S et al. (2007). Atividade alelopática de *Ateleia glazioveana* Baill (timbó) sobre *Lactuca sativa* L. (alface). *Revista Brasileira de Biociências*, 5(2): 147-149.
- Bonfim FPG et al. (2011). Potencial alelopático de extratos aquosos de *Melissa officinalis* L. e *Mentha x villosa* L. na germinação e vigor de sementes de *Plantago major* L. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 13: 564-568.
- Brasil (2009). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS. 399p.
- Carvalho PER (2002). Timbó, Circular Técnica 57, Embrapa, Colombo, PR.
- Ferreira DF (2014). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2): 109-112.
- Ferreira AG et al. (2000). Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12: 175-204.
- Ferreira EVR et al. (2020). Allelopathic activity of broom (*Scoparia dulcis* L.) on the germination of invasive plants. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 15(2): e7368.
- Gava A et al. (2001). Intoxicação por *Ateleia glazioviana* (Leg. Papilionoideae). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 21(2): 49-59.
- Gusman GS et al. (2015). Potencial alelopático de *Pilocarpus pennatifolius* Lemaire sobre a germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de espécies cultivadas. *Acta Ambiental Catarinense*, 12(1): 1-11.
- Inderjit DA et al. (2011). The ecosystem and evolutionary contexts of allelopathy. *Trends in Ecology and Evolution*, 26(12): 655-662.
- Jabran K et al. (2015). Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*, 72: 57-65.
- Lessa BFT et al. (2019). Efeito alelopático de *Pityrocarpa moniliformis* na germinação do sorgo sacarino e plantas daninhas. *Cultura Agronômica*, 28(1): 50-64.
- Lima CP et al. (2011). Efeito dos extratos de duas plantas medicinais do gênero *Bidens* sobre o crescimento de plântulas de *Lactuca sativa* L. *Revista de Ciências Farmacêutica Básica e Aplicada*, 32(1): 83-87.
- Maguire JD (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(2):176-177.
- Ateleia* in flora do Brasil (2020). Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB82648>>. Acesso em: 24/03/2021.


- Marona HR et al. (2003). Phytotoxic activity of *Ateleia glazioviana* Baill. extracts on lettuce seeds. *Acta Farmacêutica Bonaerense*, 22(1): 17-20.
- Nascimento NCF et al. (2018). Plantas cardiotoxícas para ruminantes no Brasil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 38(7): 1239-1249.
- Neves et al. (2021). Alelopatia: considerações genéticas, químicas e fisiológicas. Silva CDD (org.). Ponta Grossa: Atena Editora. 267-277p.
- Oliveira AK et al. (2016). Alelopatia de extratos de espécies da caatinga sobre sementes de meloeiro. *Semina Ciências Agrárias*, 37(2): 557-566.
- Oliveira YR et al. (2020). Potencial alelopático de espécies da família Fabaceae Lindl. *Ensaio e Ciências*, 24(1): 65-74.
- Reigosa M et al. (2013). Allelopathic research in Brazil. *Acta Botanica Brasílica*, 27(4): 629-646.
- Rice EL (1984). *Allelopathy*. New York: Academic Press. 422p.
- Silva PSS (2012). Atuação dos aleloquímicos no organismo vegetal e formas de utilização da alelopatia na agronomia. *Revista Biotemas*, 25(3): 65-74.
- Souza Filho APS (2014). Alelopatia: princípios básicos e mecanismos de interferências. Monquero PA (org.). Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas. São Carlos: RiMa. 430p.
- Taiz et al. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6. ed., Porto Alegre, RS: Artmed, 888p.
- Talgatti M et al. (2020). Biocontrole dos extratos de *Hovenia dulcis* e *Ateleia glazioviana* frente a organismos xilófagos. *Scientia Forestalis*, 48(125): e3241.
- Vieira et al. (2013). Alelopatia e seus efeitos na germinação e no crescimento de plantas. Schuch LOB et al. (org.). Pelotas: Editora e Gráfica Universitária. 321-344p.
- Zhang Z et al. (2020). Alleviating effect of silicon on melon seed germination under autotoxicity stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 188: 109901.1-109901.9


Análise da viabilidade econômica de reconstituição de pastagens no sistema tradicional e consorciado: estudo de caso

Recebido em: 20/04/2021

Aceito em: 21/04/2021

 10.46420/9786588319703cap4

Maryele Lázara Rezende^{1*} 

David Almeida de Oliveira² 

INTRODUÇÃO

O Brasil é importante no mercado mundial de *commodities* agrícolas com o desenvolvimento de florestas, lavouras e pastagens na forma de monoculturas. O modelo de integração lavoura-pecuária (ILP) apresenta-se como eficiente do ponto de vista econômico, visto que é a organização da produção mais sustentável que converge atividades agrícolas e pecuárias, efetivadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado, gerando lucro maior em relação a monocultura clássica (Almeida, 2012).

Balbinot Junior et al. (2009) definem a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) como “[...] um sistema que alterna, na mesma área, o cultivo de pastagens anuais ou perenes, destinadas à alimentação animal, e culturas destinadas à produção vegetal, sobretudo grãos [...]”, estabelecido como uma estratégia que visa à produção sustentável, que integra atividades agrícolas e pecuárias realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotacionado.

A ILP também contribui para recuperação de áreas degradadas, conservação e reconstituição da cobertura florestal e vegetal, progresso e geração de emprego e renda, adoção de boas práticas agropecuárias e para o aperfeiçoamento das condições sociais (MAPA, 2012). O Sistema Integrado de Produção é reconhecido como alternativa para intensificação sustentável (FAO, 2010).

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta são sustentáveis e a escolha do sistema adequado à determinada localidade depende das condições edafo-climáticas e da existência de infraestrutura para suprimento de insumos, armazenagem e escoamento da produção. A produtividade e a rentabilidade são três vezes maiores para a pecuária de corte e de 10 a 30% para as lavouras de grãos em relação aos sistemas tradicionais de produção. Por outro lado, observa-se nos sistemas mais

¹ Professora de Administração no IF Goiano Campus Posse e Doutoranda em Agronegócio na UFG.

² Especialista em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária pelo IF Goiano.

* Autora correspondente: adm.maryele@gmail.com

complexos (com uso de componente arbóreo) o aumento do bem-estar animal e a mitigação de gases de efeito estufa (Kichel et al., 2014).

O sistema integrado agropastoril começou a ser utilizado em grande escala após décadas de predomínio de sistemas monoculturais, os quais se caracterizam por pouca diversidade e pelo elevado uso de insumos (Lemaire et al., 2014).

A análise de viabilidade econômica junto com a prática do ILP pode diminuir o risco econômico na propriedade agrícola, pela diversificação das atividades agropecuárias, o uso intensivo da terra, e seus recursos já disponíveis (máquinas, implemento e benfeitorias), para tanto é interessante em qualquer projeto de interesse econômico construir a análise de viabilidade (Macedo et al., 2007). Além desse efeito de diversificação, a rotação de culturas na propriedade rural pode contribuir positivamente para redução de risco, pela menor variabilidade da produtividade entre anos e pelo aumento na produtividade ou redução nos custos unitários de produção (Helmers et al., 2001).

A elevada demanda por capital da ILP, particularmente para a aquisição de animais em recria para a engorda, explica as menores taxas adesão ao sistema da ILP e é vista como uma das principais restrições para a ampla adoção de sistemas mistos. O desenho de mecanismos de financiamento inovadores será essencial para promover e acelerar a adoção em larga escala da tecnologia (Júnior et al., 2011).

Para tanto o objetivo deste trabalho foi projetar e analisar a viabilidade de dois sistemas produtivos sendo um tradicional com o cultivo de forrageira e um sistema integrado lavoura-pecuária em uma unidade rural do município de Santa Cruz de Goiás.

MATERIAL E MÉTODOS

Essa pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa de natureza aplicada, desenvolvida na metodologia de estudo de caso. O objeto de estudo é uma unidade rural denominada Fazenda Santo Antônio do Ipiranga, situada no município de Santa Cruz de Goiás (Figura 1).



Figura 1. Área a ser recuperada. Fonte: Autores.

A fazenda possui área de aproximadamente 11 hectares sem benfeitorias e divisões de pastagens, a área suporta aproximadamente 20 novilhas por ano com suplementação na alimentação (milho e núcleo misturados pelo proprietário). Para o desenvolvimento deste trabalho foi desconsiderada a reserva legal de 20% da área, portanto 9,52 hectares. Atualmente a fazenda é utilizada com o objetivo de pecuária de corte, encontra-se com forrageira degradada e princípio de erosão.

Para a realização deste trabalho foi realizada a análise do solo (Figura 2), a amostra foi coletada em 07/10/2020 em dois pontos distintos da propriedade sendo um ponto próximo ao córrego e outro na parte alta da propriedade na profundidade de 20 cm. A análise foi realizada no laboratório Terra Análises em Goiânia, na mesma empresa foram obtidas as recomendações de adubação.

Código : GYN 1020540 Amostra : AM BAIXO			Código : GYN 1020541 Amostra : AM CIMA		
pH (CaCl ₂)	Un.	4.9	pH (CaCl ₂)	Un.	4.4
Ca	cmolc/dm ³	1.5	Ca	cmolc/dm ³	1.7
Mg	cmolc/dm ³	0.5	Mg	cmolc/dm ³	0.5
Ca+Mg	cmolc/dm ³	2.0	Ca+Mg	cmolc/dm ³	2.2
Al	cmolc/dm ³	0.10	Al	cmolc/dm ³	0.30
H+Al	cmolc/dm ³	3.1	H+Al	cmolc/dm ³	4.0
CTC	cmolc/dm ³	5.88	CTC	cmolc/dm ³	6.40
P (Mehlich I)	mg/dm ³	8.0	P (Mehlich I)	mg/dm ³	2.0
K	cmolc/dm ³	0.563	K	cmolc/dm ³	0.205
K	mg/dm ³	220	K	mg/dm ³	80
Mat. Org.	%	2.3	Mat. Org.	%	3.5
Mat. Org.	g/kg	23.0	Mat. Org.	g/kg	35.0
Sat. Al (M%)	%	4	Sat. Al (M%)	%	11
Sat. Base (V%)	%	45	Sat. Base (V%)	%	38
Ca/Mg	-	3.0	Ca/Mg	-	3.4
Ca/CTC	%	26.3	Ca/CTC	%	26.6
Mg/CTC	%	8.8	Mg/CTC	%	7.8
(H+Al)/CTC	%	54.4	(H+Al)/CTC	%	62.5
K/CTC	%	9.9	K/CTC	%	3.2
Argila	%	23	Argila	%	25
Argila	g/kg	230.0	Argila	g/kg	250.0
Silte	%	6	Silte	%	6
Silte	g/kg	60.0	Silte	g/kg	60.0
Areia	%	71	Areia	%	69
Areia	g/kg	710.0	Areia	g/kg	690.0

Figura 2. Resultado da análise do solo. Fonte: Laboratório Terra Análises.

Posterior a análise do solo foram realizados dois orçamentos conforme as recomendações de adubação sendo:

- 1 – recuperação de forrageira em modelo tradicional utilizando sementes tratadas da forrageira *Brizanta Mandarin*;

2 – recuperação de forrageira consorciado com milho para silagem, utilizando sementes tratadas da forrageira *Brizanta Mandaru* e milho LG 3040.

O orçamento foi coletado nos fornecedores localizados no Sudeste do Estado de Goiás no período entre 01 e 17 de Outubro de 2020. Os serviços que envolvem máquinas agrícolas serão terceirizados com prestadores de serviço que atuam na região, as cotações foram realizadas com os mesmos.

Posterior a realização dos orçamentos, os dados foram organizados em fluxo de caixa mensal. A receita proveniente do pastejo dos animais foi calculada considerando o preço do arrendamento por animal praticado na região, sendo 30 reais por bezerras (custo de oportunidade). A capacidade de lotação foi estimada entre 30 e 40 animais e períodos sem ocupação, foram mantidas condições constantes nos dois sistemas avaliados. Entende-se que a área pode suportar mais animais com o manejo das pastagens, utilização de piquetes e rotação dos animais, bem como os orçamentos poderiam considerar o ganho de kg por animal, mas isto será avaliado em trabalhos futuros e não será objeto de estudo deste trabalho.

Para avaliar a viabilidade dos dois sistemas foi empregado o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) com taxa mínima de atratividade 1% ao mês para os dois sistemas, foram desconsiderados os prazos de pagamentos e a origem do financiamento será capital próprio.

Segundo Urtado et al. (2005) o VPL de um projeto é a soma dos valores presentes de cada um dos fluxos de caixa, tanto positivos como negativos, que ocorrem ao longo da vida do projeto. A regra do valor presente líquido é uma das mais utilizadas para a tomada de decisão sobre investimentos e foi discutida pela primeira vez por Hirshhleiter (1958). Fonseca et al., (2003) entendem que a análise do VPL permite uma decisão mais acertada quando há dois tipos de investimentos, pois, ao considerar os fluxos futuros a valores presentes, os fluxos podem ser adicionados e analisados conjuntamente.

O valor presente líquido (VPL) de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. Em outras palavras, é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos (Silva et al., 2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados por sistema produtivo e posteriormente discutidos.

Sistema 1 - Forrageira Tradicional

O orçamento realizado demonstrou que o custo de plantio das forrageira *Brizanta* foi de R\$2.275,06 por hectare totalizando um investimento de R\$21.685,61 para a unidade estudada (Tabela 1).

Tabela 1. Orçamento para recuperação de forrageira em sistema tradicional. Fonte: Autores.

	Itens	Qt para 9,52h	Uni.	R\$ unit.	uni	R\$ total
Data						
Ago/20	Calcário dolomítico PRNT 80% + frete	13,33	t	140,00	t	1.865,92
Ago/20	Terceirização do serviço	13,33	t	40,00		533,12
Nov/20	Adubo Super Simples	3922,24	kg	1,24	kg	4.863,58
Nov/20	Brizanta VC 80	114,24	kg	20,00	kg	2.284,80
Nov/20	Terceirização do serviço (arar)	19,83	h	160,00		3.172,83
Nov/20	Terceirização do serviço (nivelar)	7,90	h	140,00		1.106,22
Nov/20	Terceirização do serviço (plantio)	3,96	h	140,00		554,44
Nov/20	Terceirização do serviço (nivelar)	5,95	h	140,00		833,00
Dez/20	Ureia	1428,00	kg	2,26	kg	3.227,28
Dez/20	Terceirização do serviço	3,90	h	140,00		546,45
Fev/21	Ureia	952,00	kg	2,26	kg	2.151,52
Fev/21	Terceirização do serviço	3,90	h	140		546,45
	Total					R\$21.685,61

Tabela 2. Previsão de receitas. Fonte: Autores.

Mês	Receita
Jan/21	R\$ 450,00
Fev/21	R\$ 900,00
Mar/21	R\$ 1.200,00
Abr/21	R\$ 1.200,00
Mai/21	R\$ 900,00
Jun/21	R\$ 900,00
Jul/21	R\$ 900,00
Ago/21	R\$ 900,00
Set/21	R\$ 900,00
Out/21	R\$ 900,00
Nov/21	R\$ 900,00
Dez/21	R\$ 1.200,00
Total	R\$ 11.250,00

As receitas provenientes deste sistema limitam-se ao pastejo dos animais que iniciaria em Janeiro de 2021 durante 15 dias, com o objetivo de reduzir a quantidade de massa e realizar a adubação. Posteriormente as receitas constantes com a lotação que oscilará entre 30 e 40 animais, conforme disponibilidade de forrageira. O volume de receitas entre Agosto de 2020 e Dezembro de 2021 projetado foi de R\$11.250,00 (Tabela 2).

A construção do fluxo de caixa revelou um resultado acumulado de R\$ -10.435,61 em Dezembro de 2021, dezessete meses após o início da implantação do sistema, também se verificou que em todos os meses o acumulado foi negativo.

A análise do VPL com taxa de desconto de 1% ao mês, considerando risco da atividade e oportunidades existente no mercado financeiro, teve como resultado VLP de R\$ -10.778,47, ou seja, pode ser mais interessante ao proprietário da fazenda alocar o capital em outras atividades.

Sistema 2 – Milho em consórcio com forrageira

O orçamento realizado demonstrou que o custo de plantio das forrageiras *Brizanta Marandu* integrado ao cultivo de milho (ILP) foi de R\$ 5.309,81 por hectare totalizando um investimento de R\$ 50.459,41 (Tabela 3).

Tabela 3. Orçamento para recuperação de forrageira em sistema de consórcio. Fonte: Autores.

Desembols o	Itens	Qt para 9,52/h	u	R\$ unit	u	R\$ Total
Ago/20	Calcário dolomítico PRNT 80% + frete	13,33	t	R\$ 140,00	t	R\$ 1.865,92
Ago/20	Terceirização do serviço	13,33	t	R\$ 40,00	\$	R\$ 533,12
Set/20	Gesso Agrícola + frete	4,05	t	R\$ 152,00	t	R\$ 614,99
Set/20	Terceirização do serviço	4,05	h	R\$ 40,00	\$	R\$ 161,84
Nov/20	Adubação 04-30-10	3094,00	kg	R\$ 2,94	kg	R\$ 9.082,13
Nov/20	Milho LG 3040	9,52	sc	R\$ 567,00	sc c/ 60 mil grãos	R\$ 5.397,84
Nov/20	Brizanta VC 80	114,24	kg	R\$ 20,00	kg	R\$ 2.284,80
Nov/20	Terceirização do serviço (arar)	19,83	h	R\$ 160,00	\$	R\$ 3.172,80
Nov/20	Terceirização do serviço (nivelar)	7,90	h	R\$ 140,00	\$	R\$ 1.106,00
Nov/20	Terceirização do serviço (plantio)	9,52	sac o	R\$ 200,00	\$	R\$ 1.904,00
Nov/20	Adubação 30-00-20	1904,00	kg	R\$ 2,93	kg	R\$ 5.578,72

Nov/20	Terceirização do serviço	9,52	sc	R\$ 80,00		R\$ 761,60
Dez/20	Ureia	952,00	Kg	R\$ 2,26	kg	R\$ 2.151,52
Dez/20	Terceirização do serviço	3,90	h	R\$ 140,00	\$	R\$ 546,00
Fev/20	Silagem	9,52	sc	R\$ 1.300,00	\$	R\$ 12.376,00
Abr/20	Ureia	1332,80	Kg	R\$ 2,26	kg	R\$ 3.012,13
Abr/20	Terceirização do serviço	3,90	h	R\$ 140,00		R\$ 546,00
Total						R\$ 50.549,41

As receitas do sistema analisado foram provenientes da venda da silagem e do pastejo dos animais, as condições de pastejo são semelhantes nos dois sistemas avaliados, porém a entrada dos animais no sistema 02 ocorre em junho de 2021 em função da ocupação do terreno pela cultura do milho e período de desenvolvimento da forrageira. O volume de receitas entre agosto de 2020 e dezembro de 2021 corresponde a R\$ 81.560,00 (Tabela 4).

Tabela 4. Previsão de receitas com o pastejo de animais. Fonte: Autores.

Mês	Receitas	Origem da receita
Fev/21	R\$ 76.160,00	Comercialização de silagem
Mar/21	R\$ 0	
Abr/21	R\$ 0	
Mai/21	R\$ 0	
Jun/21	R\$ 900,00	
Jul/21	R\$ 900,00	
Ago/21	R\$ 900,00	Pastejo
Set/21	R\$ 900,00	
Out/21	R\$ 900,00	
Nov/21	R\$ 900,00	
Dez/21	R\$ 1.200,00	
Total	R\$ 81.560,00	

O acumulado do fluxo de caixa em Dezembro de 2021 foi de R\$ 31.953,39, dezessete meses após o início da implantação do sistema, sendo negativo até janeiro de 2020 e positivo nos meses subsequentes, ou seja, o retorno do investimento seria alcançado com a venda e/ou recebimento da silagem.

A análise do VPL com taxa de desconto de 1% ao mês, considerando riscos da atividade e oportunidades existente no mercado financeiro, teve como resultado VLP de R\$ 26.428,45.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a análise dos resultados fica evidente a viabilidade do sistema integrado e a decadência do sistema tradicional, porém existem aspectos que necessitam ser contextualizados. No sistema 1 (monocultor) o VLP negativo mesmo depois de dezessete meses de implantação demonstra que pode ser interessante ao proprietário da fazenda alocar o capital em outras atividades econômica com retorno de capital mais elevado.

Para Macedo (2009) o sistema monocultor possui uma série de outras problemáticas, tais como: maior degradação no solo, diminuição da produção e maior erosão. Neste contexto, o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) pode otimizar, mediante técnicas corretas, a aceleração na recuperação do solo e do retorno financeiro, além de maior disponibilização de nutrientes para a planta (Gonçalves et al., 2007).

Para Kichel (2014) a produtividade e a rentabilidade em sistemas ILP são três vezes maiores para a pecuária de corte e de 10 a 30% para as lavouras de grãos em relação aos sistemas tradicionais de produção. Logo, os resultados deste trabalho corroboram com o estudo de Kichel et al. (2014), visto a comparação dos VLP's entre os dois sistemas.

Segundo Magnabosco et al., (2003) o consórcio de grãos com as forrageiras tropicais, como as brachiárias (gênero *Urochloa*) aumentam a produtividade anual, mesmo na época seca apresentando média acima da esperada em situações de pastagens degradadas, permitindo uma redução significativa na idade média de abate dos animais. Há também uma significativa melhoria nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo: com a rotação de culturas, entre lavoura e pecuária, evitando-se a monocultura, eliminam-se camadas compactadas do solo, bem como a incorporação de resíduos animais (principalmente esterco), raízes e palhadas dos cereais e da forrageira, estimulando a vida do solo pela adição de material orgânico. Ainda, há a possibilidade de redução de pragas e doenças, pela quebra dos seus ciclos, bem como redução da infestação de plantas invasoras e, conseqüentemente, reduzindo o uso de agrotóxicos (Kichel et al., 2011).

A diversificação do sistema produtivo (pastagens e cultivos) é de fundamental importância, pois a empresa pode utilizar tanto as fases de cria, recria e engorda, como a produção de grãos, propiciando maiores garantias contra os riscos climáticos e flutuações de mercado. De Almeida (2018) considera que a ILP pode atuar na redução de risco do negócio, pela diversificação das atividades agropecuárias na

propriedade rural, podendo trazer maiores rentabilidades ao produtor rural em momentos diferentes onde não há rentabilidade econômica no período. Além desse efeito de diversificação, a rotação de culturas na propriedade rural pode contribuir positivamente para a redução de plantas e pragas daninhas na próxima cultura pela cobertura de solo.

Coelho et al. (1995) alertam que o processo de produção de silagem apresenta alto potencial de compactação do solo e degradação química devido à extração de macronutrientes e baixa reposição de matéria orgânica, tornando-se insustentável a médio e longo prazo e exigindo a rotação de cultura.

Observa-se que apesar do sistema 2 (ILP) apresentar maior viabilidade financeira e econômica ele tem elevada barreira de entrada (investimento de R\$ 5.309,81 por hectare) o que pode inviabilizar a adesão ao sistema pelo agricultor familiar por falta de recurso próprios e dificuldade de acesso ao crédito, mesmo que subsidiado.

A discrepância entre os dois sistemas, somada a barreira de entrada no sistema integrado pode favorecer a continuidade de exploração de áreas com baixa produtividade e aumentar o processo de erosão e manter um modelo considerados ambientalmente inadequado. Por fim, Herrero et al., (2010) consideram que os sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) apresentam-se como opção para assegurar a expansão da agropecuária, com baixa pressão sobre o avanço da fronteira agrícola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que na unidade rural analisada a maior lucratividade foi observada no sistema consorciado sendo que o sistema tradicional de recuperação de pastagens apresentou VPL negativo no período analisado. A ILP possibilita aumentar o retorno sobre o investimento ou sobre a terra, tendo em vista a concomitância de dois sistemas produtivos em um único espaço.

A bibliografia consultada corrobora com os resultados econômicos e financeiros deste trabalho e destaca os ganhos físico, químicos e biológicos para o solo e a contribuição para uma agricultura e pecuária mais sustentável. A literatura consultada também alerta para a possibilidade de compactação do solo no processo de silagem e orienta a adoção de rotação de cultura.

Este trabalho tem relevância para os proprietários da unidade estudada e para a comunidade científica uma vez que a maioria dos artigos sobre ILP abordam principalmente aspectos agronômicos, não oferecendo de fato condições para avaliar o ganho econômico (Lazzaroto et al., 2009; Júnior et al., 2009; Wander et al., 2010).

São limitações deste estudo a própria metodologia que inviabiliza replicações, porém essa é uma característica dos sistemas integrados que são definidos em função dos aspectos socioeconômicos e ambientais dos diferentes agroecossistemas e contemplam as diferentes alternativas e soluções para os principais problemas dos sistemas de produção, especialmente, dentro da unidade de produção (Balbino et al., 2011).

Mesmo que a viabilidade econômica seja o fator essencial para o produtor rural em qualquer atividade agropecuária, ser viável financeiramente não é uma condição suficiente para que uma determinada tecnologia seja amplamente adotada. Para que isso ocorra, além de ser tecnicamente executável e proporcionar um retorno financeiro suficiente e atrativo para quem for incorporá-la ao longo do seu processo produtivo, a ILP deve proporcionar o resultado de uma combinação entre os impactos que ela gera ao longo do processo produtivo e um conjunto de variáveis que refletem as condições de mercado onde ela está inserida, tanto pelo lado da oferta (preços dos insumos, da mão de obra, do crédito, do frete, etc.), quanto do lado da demanda (preço final do produto, renda disponível e preferências do mercado consumidor, etc.) (Possamai, 2017). Enfim, a viabilidade econômica é uma variável da conjuntura a qual ela está associada.

Outras limitações do trabalho foi não considerar a utilização de herbicida e correspondente custo do serviço de aplicação, visto que ele pode ou não ser necessário. Ressalva-se que mesmo sendo necessário a aplicação do herbicida o sistema ainda mantém VPL positivo no ILP. Também foi desconsiderado o custo da terra, a possibilidade de recebimentos e pagamentos a prazo e possibilidades economicamente mais atrativas de manejo das pastagens e cálculo de ganho de peso do animal, como valores referência foram utilizados o preço de venda da silagem e aluguel do pasto mesmo sendo o pasto e a silagem (outra propriedade destinada a pecuária leiteira) aproveitadas pelo proprietário.

Como recomendações para pesquisas futuras sugere-se analisar quanti e qualitativamente a contratação de linhas de créditos subsidiadas como o Plano ABC (Agricultura de Baixo Carbono) e implementar e avaliar o sistema com casualização dos dados.

AGRADECIMENTOS

À Alex Orlando Ndava pela revisão do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida F (2012). O bom negócio da sustentabilidade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 191p.
- Balbino LC et al. (2011). Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(10): 1–12.
- Balbinot Júnior AA et al. (2009). Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. *Ciência Rural*, 39(6): 1925-1933.
- Coelho AM et al. (1995). Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. *Informações Agronômicas*, (71): 1-9.
- De Almeida FFG (2018). Uso da integração lavoura pecuária como ferramenta produtiva no período da entressafra agrícola. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*, 34(66): 161-176.


- FAO (2010). An international consultation on integrated croplivestock systems for development: The way forward for sustainable production intensification. *Integrated Crop Management*. 64p.
- Fonseca YD et al. (2003). Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura. *Cadernos de Análise Regional*, 1: 1–24.
- Gonçalves SE et al. (2007). Integração lavourapecuária. Embrapa, Circular Técnica. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/159845/1/Sistemas-de-integracao-o-que-sao-suas-vantagens-e-limitacoes.pdf>. Acesso em 03 de março de 2020.
- Helmers GA et al. (2001). Separating the impacts of crop diversification and rotations on risk. *Agronomy Journal*, 93(6): 1337–1340.
- Herrero M. et al. (2010). Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. *Science*, (327): 822-825.
- Hirshleifer J (1958). On the Theory of Optimal Investment Decision. *Journal of Political Economy*, 66(4): 329–352.
- Júnior GB et al. (2009). Análise ex-ante do desempenho econômico- financeiro de alternativas de integração lavoura-pecuária no Triângulo Mineiro e no Sudoeste Goiano. Planaltina: Embrapa Cerrados. 26p.
- Júnior GB et al. (2011). Dimensão econômica de sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(10): 1117–1126
- Kichel AN et al. (2011). Vantagens da integração lavoura pecuária na recuperação de pastagens degradadas. *Simpósio Matogrossense de Bovinocultura de Corte-Simbov MT*. 63-73p.
- Kichel AN et al (2014). Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPP) - Experiência no Brasil. *Boletim de Indústria Animal*, 71(1): 94–105.
- Lazzarotto JJ et al. (2009). Volatilidade dos retornos econômicos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná. *Revista de Economia e Agronegócio*, (7): 259-283.
- Lemaire G et al. (2014). Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 190: 4-8.
- Macedo MA et al. (2007). Análise de Viabilidade Econômico-Financeira de Projetos Agropecuários: o caso da implantação de um projeto de produção de produtos apícolas. *XLV Congresso do Saber*. 1-21p.
- Magnabosco CU et al. (2003). Padrões de crescimento e características de carcaça de tourinhos nelore mocho, avaliados por ultra-sonografia em tempo real. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, (40): 948-957.

- MAPA (2012). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília: 173p.
- Poassamai RC (2007). Análise de viabilidade econômica da implantação do sistema integração lavoura-pecuária (iLP) no bioma cerrado. Mestrado Profissional em Agronegócio FGV (Dissertação), São Paulo. 173p.
- Silva ML et al. (2005). Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra. *Revista Árvore*, 29(6): 931–936.
- Urtado ES et al. (2005). Aplicação Do Método Do Valor Presente Líquido (Vpl) Na Análise Da Viabilidade Econômica De Projetos Na Indústria Metal Mecânica: Um Estudo De Caso. XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. 1–4p.
- Wander AE et al. (2010). Viabilidade econômica e risco da rotação e consorciação de cultivos para a integração lavoura-forrageira em condições irrigadas no Cerrado brasileiro. *Informações Econômicas*, (40): 34-42.


Utilização do resíduo do mamão (*Carica papaya* L.) em processos biotecnológicos para produção de ração animal


Recebido em: 23/04/2021

Aceito em: 14/05/2021


 10.46420/9786588319703cap5


Otniel Jefte Da Silva Souza¹ 


Lucia De Fátima Araújo^{1*} 

Adriana Margarida Zambotto Ramalho¹ 

Lucivânia Assis De Oliveira Navarro¹ 

Robson Rogério Pessoa Coelho¹ 

Oswaldo Soares Da Silva² 

Raquel Aline Araújo Rodrigues Félix² 

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de mamão, atendendo a demanda dos mercados mais exigentes como os Estados Unidos e a Europa. No País, a fruta é consumida de preferência, fresca, mas seu processamento, por meio do aproveitamento integral do fruto, oferece extensa gama de produtos e subprodutos, que podem ser aproveitados na indústria de alimentos, têxtil, farmacêutica e ração animal (SEBRAE, 2016).

Em 2011, o Brasil alcançou 1 854 343 t, provenientes de uma área colhida de mamão correspondente a 35 531 hectares, tendo a região Nordeste como a líder no ranking nacional, com 1 174 510 t, que representa mais de 63,3 % de toda a produção. Os três Estados que se destacam como maiores produtores de mamão do Brasil são a Bahia (928 035 t), Espírito Santo (560,576 t) e Ceará (112 579 t), que juntos produziram o equivalente a 86 % do mamão brasileiro (IBGE, 2011).

Segundo Trindade (2013), a produção de mamão, no Brasil se destaca como o segundo maior produtor, superado apenas pela Índia. As condições de desenvolvimento da cultura do mamoeiro no País são excelentes, pois há possibilidade de cultivo e de produção em todas as regiões, o ano inteiro. Portanto, a importância social da cultura do mamoeiro é também de grande relevância, por ser geradora de empregos (diretos e indiretos) e renda, haja vista a absorção de mão de obra durante o ano todo, já que os tratamentos culturais, a colheita e a comercialização são efetuadas de maneira contínua nas lavouras, além

¹ Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, Macaíba-RN.

² Universidade Federal De Campina Grande, Campina Grande-PB.

* Autora correspondente: luciazootec@yahoo.com.br

de os plantios serem renovados, em média, a cada 2 ou 3 anos, garantindo a permanência do homem no campo e contribuindo para a redução do êxodo rural.

Araújo et al. (2010), ao realizarem um levantamento das perdas de produção do mamão no extremo sul da Bahia, concluíram que as maiores perdas (7,6 %) ocorreram dentro da propriedade, e que está fato está associado aos frutos que não tiveram desenvolvimento pleno e nem atenderam aos padrões do mercado (2,87 %), aos frutos maduros que desprendem naturalmente da planta (1,88 %), ao armazenamento na propriedade (1,38 %), ao transporte interno (0,47 %) e ao transporte até o local da venda (1,0 %). Diante da magnitude das perdas, que podem chegar até 18,87 % da produção quando se avalia toda a cadeia produtiva, observa-se que só em nível de propriedade a disponibilidade de coprodutos gerados pelo refugo dos frutos no Brasil situou-se ao redor de 140 930 t, considerando a produção anual de 2011. De certo modo, essas perdas devem variar em função do nível tecnológico do produtor, da forma de conservação dos frutos, da distância e do tipo de transporte utilizado até o centro consumidor, contudo, reflete uma ideia geral sobre as perdas, já que os dados são escassos.

Apesar da grande produção de refugo de mamão, os achados científicos (Lousada Júnior et al., 2005; 2006; Nunes et al., 2007) só se reportam ao potencial de uso dessa fruta sem, no entanto, apresentarem resultados referentes ao seu uso na alimentação de ruminantes. Abrindo, dessa forma, uma lacuna a ser preenchida com estudos com o objetivo de se determinar consumo, nível de inclusão na dieta, digestibilidade, desempenho produtivo, dentre outras respostas importantes à alimentação e nutrição animal.

A espécie *Carica papaya* L. é o mamoeiro mais cultivado em todo o mundo, tendo sido descoberto pelos espanhóis no Panamá. É uma planta herbácea, tipicamente tropical, cujo centro de origem é, provavelmente, o noroeste da América do Sul, vertente oriental dos Andes, ou mais precisamente, a bacia Amazônica Superior, onde sua diversidade genética é máxima (Trindade et al., 2000).

De acordo com Bezerra et. al. (2011) o mamoeiro é originário da América Central, próximo ao Golfo do México, tendo o Brasil como líder do ranking mundial de produção de mamão, sendo responsável por 25 % da produção mundial.

Em 2011, o Brasil alcançou 1 854 343 t, provenientes de uma área colhida de 35 531 hectares, tendo a região Nordeste como a líder no ranking nacional, com 1 174 510 t, que representa mais de 63,3 % de toda a produção. Os três Estados que se destacam como maiores produtores de mamão do Brasil são a Bahia (928 035 t), Espírito Santo (560,576 t) e Ceará (112 579 t), que juntos produziram o equivalente a 86 % do mamão brasileiro (IBGE, 2011).

Segundo Trindade (2013), a produção de mamão, no Brasil se destaca como o segundo maior produtor, superado apenas pela Índia. As condições de desenvolvimento da cultura do mamoeiro no País são excelentes, pois há possibilidade de cultivo e de produção em todas as regiões, o ano inteiro. Portanto, a importância social da cultura do mamoeiro é também de grande relevância, por ser geradora de

empregos (diretos e indiretos) e renda, haja vista a absorção de mão de obra durante o ano todo, já que os tratos culturais, a colheita e a comercialização são efetuadas de maneira contínua nas lavouras, além de os plantios serem renovados, em média, a cada 2 ou 3 anos, garantindo a permanência do homem no campo e contribuindo para a redução do êxodo rural.

Araújo et al. (2010), ao realizarem um levantamento das perdas de produção do mamão no extremo sul da Bahia, concluíram que as maiores perdas (7,6 %) ocorreram dentro da propriedade, e que está fato está associado aos frutos que não tiveram desenvolvimento pleno e nem atenderam aos padrões do mercado (2,87 %), aos frutos maduros que desprendem naturalmente da planta (1,88 %), ao armazenamento na propriedade (1,38 %), ao transporte interno (0,47 %) e ao transporte até o local da venda (1,0 %). Diante da magnitude das perdas, que podem chegar até 18,87 % da produção quando se avalia toda a cadeia produtiva, observa-se que só em nível de propriedade a disponibilidade de coprodutos gerados pelo refugo dos frutos no Brasil situou-se ao redor de 140 930 t, considerando a produção anual de 2011. De certo modo, essas perdas devem variar em função do nível tecnológico do produtor, da forma de conservação dos frutos, da distância e do tipo de transporte utilizado até o centro consumidor, contudo, reflete uma ideia geral sobre as perdas, já que os dados são escassos.

FERMENTAÇÃO SEMISSÓLIDA

O termo fermentação em estado sólido, ou fermentação semi-sólida, ou fermentação em meio semissólido aplica-se ao processo de crescimento de microrganismos sobre substratos sólidos sem a presença de água livre. A água presente nesses sistemas encontra-se ligada à fase sólida, formando uma fina camada na superfície das partículas (Raimbault, 1998).

O processo de fermentação pode ser de dois tipos: a fermentação submersa (FS) e a fermentação em meio semissólido ou estado sólido (FMSS ou FES). A fermentação submersa ocorre em meio com presença de água livre e normalmente com substratos solúveis. Um exemplo clássico de meio para fermentação submersa é o caldo de cana-de-açúcar.

A fermentação em meio semissólido privilegia a sustentabilidade ambiental que vem sendo prioridade das políticas de pesquisa agropecuária em quase todo o mundo e se baseia na utilização racional dos recursos naturais e de resíduos agrícolas e industriais, viabilizando a obtenção de produtos com custo mais reduzido (Caraméz, 2017).

Segundo Rocha (2010), os setores agroindustriais e de alimentos geram grandes quantidades de resíduos, tanto líquidos como sólidos. A observação ao longo dos tempos ficou comprovado que esses resíduos podem apresentar elevados problemas na destinação final e potencial poluente, além de representarem, muitas vezes, perdas de biomassa e de nutrientes de alto valor.

Ao contrário do que acontecia no passado, quando resíduos eram dispostos em aterros sanitários ou empregados sem tratamento para ração animal ou adubo, atualmente, conceitos de minimização,

recuperação, aproveitamento de subprodutos e bioconversão de resíduos são cada vez mais difundidos e necessários para as cadeias agroindustriais. De uma forma particular, a bioconversão dos resíduos agrícolas e da indústria de alimentos está recebendo crescente atenção, uma vez que essas matérias representam recursos possíveis e utilizáveis para a síntese de produtos úteis. Nesse contexto, a fermentação em estado sólido desempenha um papel de destaque no aproveitamento de resíduos sólidos, pois, em virtude do crescimento microbiano, ocorre a síntese de diversos compostos, dos quais muitos apresentam grande interesse para segmentos industriais, além de elevado valor agregado.

Leveduras (Saccharomyces cerevisiae)

Segundo Santin (1996), as leveduras são conhecidas como “as plantas mais antigas cultivadas pelo homem”, e são reconhecidas historicamente por sua capacidade de fermentação. Tradicionalmente, as leveduras são utilizadas pelas indústrias de alimentos principalmente na produção de etanol e de dióxido de carbono (CO₂) os quais são importantes às indústrias de cerveja, de vinho, de álcool e de fermentos.

O primeiro processo biotecnológico para a produção industrial de micro-organismos úteis ao homem foi a de levedura de panificação, *Saccharomyces cerevisiae*, que por possuir qualidades nutritivas, passou também a ser produzida para utilização como alimento humano ou animal. Da mesma maneira, as leveduras obtidas em processos fermentativos, como ' os de cervejaria e os de produção de álcool de cereais e de melaço, começaram a ser reaproveitadas a partir do subproduto e comercializadas como alimento proteico e vitamínico.

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é um micro-organismo aeróbio facultativo, ou seja, seu desenvolvimento pode ser possível em ambientes onde há a presença ou a ausência do O₂ (Oxigênio).

Nesse processo aeróbio facultativo, os produtos finais do metabolismo do açúcar irão depender das condições ambientais em que a levedura se encontra. Assim, em presença do O₂, o açúcar é transformado em biomassa, CO₂ e água, e, na ausência, a maior parte é convertida em etanol e CO₂, processo pelo qual chamado de fermentação alcoólica.

A *Saccharomyces cerevisiae*, leva destaque como sendo a espécie mais explorada comercialmente entre as leveduras e apresenta grande emprego na indústria, para fabricação de vários produtos. Pois em relação a outras leveduras, a *S. cerevisiae* apresenta fácil isolamento, cultivo e manutenção, pouca exigência nutricional, bom crescimento em resíduos industriais e, amplo uso em processos industriais (podendo ser usada na produção de bebidas alcoólicas, vitaminas, fermento de pão, Cosméticos, enzimas, macromoléculas e etc. (Coelho, 2013).

MATERIAIS E MÉTODOS

Locais de realização

O experimento foi realizado na Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias – Escola Agrícola de Jundiá – UFRN. A preparação das amostras foi realizada na Unidade de Processamento e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças, e as análises foram realizadas no laboratório de análises físico químico de alimentos (LAFQA) e no Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal, pertencentes a mesma unidade, situada e localizada no município de Macaíba/RN, no período de abril a junho de 2018.

Obtenção da Matéria-Prima

O subproduto utilizado foi do mamão (*Carica papaya* L.), obtido no restaurante da universidade. A levedura (fermento biológico) na unidade de panificação, e a ureia foi adquirida no estábulo, por tanto, todas as matérias primas utilizadas no experimento foram adquiridas na Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias – Escola Agrícola de Jundiá- campus Macaíba - UFRN.

Preparação das Amostras

- Pesagem das cascas do mamão;
- Adição dos micro-organismos;
- Adição da ureia;
- Fermentação semissólida;
- Secagem das amostras em estufa;
- Moagem em moinho industrial;
- Foi pesado em balança simples, o resíduo total do mamão (cascas), em um balde com peso 0,550 g, com peso obtido do resíduo de 2,518 kg, dividido em bandejas de comprimento 23,00 cm, largura 10,5 cm, profundidade 4 cm e peso 0,146 g, todo resíduo pesado foi dividido em 4 bandejas com medidas já citadas.
- Após o processo anterior, em quatro biorreatores de tratamento foram divididas e identificadas, ao qual cada um foi pesado com peso de 0,620 g, onde foram inoculadas as leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) em três biorreatores com 2% de leveduras do total de substrato, e outro com resíduo in natura sem nenhuma adição, adicionaram também em um dos biorreatores 1% de ureia do total de substrato e em outro 2% de ureia, sendo assim (biorreator in natura, biorreator com 2% de levedura, biorreator com 2% de levedura e 1% de ureia do total de substrato e em outro 2% de ureia, sendo assim (biorreator in natura, biorreator com 2% de levedura, biorreator com 2% de levedura e 1% de ureia e último biorreator com 2% de levedura e 2% de ureia).

- As amostras foram colocadas em um ambiente ideal para a fermentação das leveduras com temperatura entre 30° e 36° em um período de tempo de 24 horas, logo em seguida foram colocadas na estufa em temperatura aproximada de 55° a 60° por 72 horas seguidas para a retirada de parte da água do alimento etapa que é chamada de pré-secagem.
- A moagem ocorreu no laboratório de nutrição animal que com a utilização de moinhos de facas, com peneiras de 1mm para que a mesma se transforme em um pó especificamente fino. Ao qual é indispensável a homogeneização correta da amostra para que a mesma permaneça com uma representação satisfatória da matéria prima a ser analisada, (Araújo, 2014).

Características Físicas-Químicas do Mamão

Após o período de fermentação as amostras foram colocadas em estufa no Laboratório de Análises Físico-Química de Alimentos do Curso de técnico em Agroindústria para realização de uma pré-secagem dos resíduos.

Observou-se a necessidade de secagem prévia, amostra seca ao ar (ASA) para amostras com teores acima de 15% de umidade, este processo é realizado com estufa de circulação de ar forçada com temperatura entre 55 a 60 °C por 72h.

As análises de forragens e alimentos com alto teores de umidade devem ser comparadas na base da matéria seca, porque a variação nos conteúdos de umidade das forragens ou dos alimentos pode mudar entre regiões e dificultar as comparações. Em geral, o processo consiste em duas fases: secagem prévia, ou pré-secagem, e secagem definitiva.

Em seguida é feita a moagem com a utilização de moinhos de facas, com peneiras de 1,0 mm de diâmetro para posteriores determinações de MS, PB, FDN, FDA, EE, segundo metodologia descrita por Silva et al. (2002). Os valores de CHOT, de acordo com a metodologia foram obtidos por diferença, de acordo com a metodologia descrita por Sniffen et al. (1992), em que $CHOT (\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinzas)$. Os CNF foram calculados por diferença entre CHOT e FDN, segundo (Hall, 2001).

A fração de hemicelulose é determinada pela diferença entre a fração da FDN e da FDA. A fração de hemicelulose constitui-se um grupo de substâncias em que se incluem os polímeros de pentose (xilose, ribose, etc.) e certos polímeros de hexoses e ácidos urânicos, conforme (Silva, 1988).

A fração de celulose foi determinada pelo método do ácido sulfúrico de acordo com a metodologia proposta por (AOAC, 2005).

A determinação da lignina (LIG) foi feita a partir da fibra em detergente ácido (celulose, lignina, mineral e sílica). A lignina foi hidrolisada com ácido sulfúrico (72%), deixando no cadinho apenas celulose e minerais insolúveis. Conhecendo o peso final do resíduo, este foi incinerado a 5500C. A incineração destruiu todo o material fibroso, permanecendo apenas o resíduo mineral. O teor de lignina na amostra

foi dado pela diferença dos pesos do cadinho, antes e após a incineração, de acordo com metodologia da AOAC (2005).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor encontrado para o teor da matéria seca na forma *in natura* para o resíduo de mamão foi de 84,45% bem maior do que o valor encontrado por Azevedo et al. (2007a), quando trabalharam com refugo do mamão (fruto descartado não apto para o consumo humano). Observa-se na Tabela 1 que o valor da MS inoculado com 2% de levedura (84,84%) apresentou uma maior concentração em relação ao valor deste na matéria *in natura*. Este fato ocorreu devido a formação de CO₂ e evaporação de água que consequentemente fez com que aumentasse a concentração de massa do material fermentado com a multiplicação celular da levedura (Araújo, 2004). Já nos tratamentos que além da inoculação do micro-organismo foram adicionados com 1% e 2% de ureia apresentaram os teores de matéria seca de 83,22% e 82,61%, respectivamente, demonstrando o poder higroscópico da ureia que influencia o aumento de umidade nos substratos formados pela casca de mamão, consequentemente menor concentração de matéria seca.

Tabela 1. Caracterização químico-bromatológica dos resíduos do mamão na forma *in natura* e Processada.

Tratamentos	Parâmetros									
	MS	PB	EE	FDN	FDA	CHOT	CNF	HCEL	CEL	LIG
Resíduo <i>in natura</i>	84,45	0,24	1,36	33,83	31,27	89,69	55,85	2,56	28,30	2,97
Resíduo + 2% de lev.	84,84	0,42	1,33	31,51	27,11	91,74	59,88	4,06	23,15	2,98
Resíduo + 2% de lev. + 1% de ureia	83,22	0,55	1,42	30,20	26,13	91,52	61,54	0,59	23,92	3,20
Resíduo + 2% de lev. + 2% de ureia	82,61	1,08	1,57	27,71	26,10	91,39	63,81	5,41	23,41	2,68

MS= Matéria seca; PB= Proteína bruta; EE= Extrato etéreo; FDN= Fibra em Detergente Neutro; FDA= Fibra em detergente ácido; CHOT= ácido; COHT= Carboidratos totais; CNF= Carboidratos não fibrosos; LIG= Lignina; HEM= Hemicelulose; CEL=Celulose.

Observa-se na Tabela 1, que o teor de proteína bruta do resíduo do mamão na forma *in natura* foi insignificante (0,24%) em relação ao valor encontrado por Valente (2011) ao trabalhar com o refugo do mamão obtendo para este nutriente o valor de 14,80%. Para os tratamentos inoculados com 2% de levedura e/ou 1% e 2% de ureia foram obtidos os seguintes valores proteicos: 0,42%; 0,55%; 1,08%, respectivamente. Portanto, não houve êxito no processo de enriquecimento proteico através da levedura nas cascas de mamão, este fato deve ter ocorrido pelo motivo da casca do mamão ser bastante lignificada e a levedura não metaboliza a lignina.

Os valores observados para FDN da casca do mamão enriquecidos com levedura e/ou ureia (31,51%; 30,20%; 27,71%) em relação ao valor deste nutriente neste mesmo resíduo na forma *in natura* nas cascas de melão na forma *in natura* (33,83%). Azevedo (2007) trabalhando com refugo do mamão encontrou 43,46% para o teor de FDN valor bem maior que o encontrado neste trabalho. Todos os valores de NDT encontrados nas condições deste trabalho, exceto o último tratamento estão de acordo com as recomendações do NRC (2001) é que o mínimo estipulado para FDN em alimentação de ruminantes seja de 28%.

Observa-se ainda na Tabela 1. Que o valor de FDA encontrados no resíduo do mamão (casca de mamão) na forma *in natura* e processada foram: 31,27%; 27,11%; 26,13%; 26,10%, respectivamente. Podemos observar que o perfil de FDA foi o mesmo de FDN, ou seja à medida que houve o processamento dos resíduos com levedura e/ou ureia houve um decréscimo nos teores dos nutrientes em estudo. Este fato pode ser atribuído ao consumo dos carboidratos solúveis pelos micro-organismos para síntese de proteína, mas não ocorre o consumo de carboidratos fibrosos como celulose, lignina, pois a *Saccharomyces cerevisiae* só metaboliza carboidratos solúveis. A pequena diminuição destes teores atribui-se a adição de ureia e não da levedura (Araujo et al., 2005).

Para os valores obtidos de CHOT (89,69%; 91,74%; 91,52%; 91,39%) nos resíduos do mamão na forma *in natura* e processada observou-se que o valor deste nutriente foi aumentando após o processamento o que não era esperado uma vez que o perfil dos valores deste nutriente era para ter sido idêntico ao de FDA e FDN, logo faz necessário uma maior investigação em relação a estes resultados.

Observando os dados apresentados na Tabela 1. verificam-se os valores de CNF para as cascas de mamão na forma *in natura* e processada de 55,85%; 59,88%; 61,54%; 63,81%, respectivamente. Segundo Teles (2006), os elevados teores de CNF obtidos nas rações podem estar também associados à quebra de ligações químicas dos carboidratos estruturais, principalmente a hemicelulose.

Os dados referentes aos teores de HEM nos resíduos do mamão (casca de mamão) na forma *in natura* e processados com a levedura e/ou ureia nas condições deste trabalho apresentaram os seguintes valores (5,41%; 4,06%; 2,56%; 0,59%) Verifica-se tanto na determinação de FDA como FDN, que o aumento da proteína bruta é inversamente proporcional a produção de fibras, ou seja, o teor de proteína bruta (PB) aumenta com a diminuição dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), Este fato pode ser justificado devido à hemicelulose ser um carboidrato não metabolizado pela levedura da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, porém degradada pela adição de ureia (Luciano, 2014).

Com base nos resultados verificados para os teores de CEL na composição química da casca de mamão na forma *in natura* e processada podem-se observar os valores de 28,30%; 23,15%; 23,92%; 23,41%, respectivamente, evidenciando diminuição nos teores deste nutriente nos tratamentos processados em relação ao tratamento na forma *in natura*. Observa-se que os tratamentos os tratamentos

adicionados a ureia há tendência do conteúdo de celulose em diminuir. Uma das vantagens da adição da ureia (NNP) na alimentação de ruminantes ocorre sobre as bactérias degradadoras de carboidratos fibrosos que possuem alta exigência por amônia (NH₃). Assim a ureia apresenta potencialização na inclusão das dietas de ruminantes no aproveitamento da parte fibrosa dos alimentos (Russell, 2002).

Pode-se ainda observar na Tabela 1. que os valores obtidos para LIG na forma in natura e processado dos resíduos do mamão foram: 3,20%; 2,98%; 2,97%; 2,68%. Este fato deve ter ocorrido porque a levedura não metaboliza lignina, portanto, nos tratamentos que foram adicionados a ureia houve um decréscimo deste nutriente. Observou um perfil para determinação de LIG igual aos perfis de hemicelulose e celulose.

CONCLUSÕES

Concluiu-se neste trabalho que o processo de enriquecimento proteico da casca do mamão através da inoculação da levedura não foi viável, uma vez que através da caracterização químico-bromatológica deste resíduo foi evidenciado a presença de alto teor de lignina que não é metabolizável por este micro-organismo.

Apesar da grande produção de mamão, os achados na literatura científica reportam ao potencial de uso dessa fruta sem, no entanto, apresentarem resultados referentes ao seu uso na alimentação animal. Abrindo dessa forma, uma lacuna a ser preenchida com estudos referentes a inclusão dos resíduos de mamão na dieta de animais ruminantes e monogástricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (2005). Association of Official Analytical Chemists- Official Methods of Analysis of the AOAC International. 18. ed. Maryland: AOAC.
- Araújo AC et al. (2010). A cultura do mamão em municípios do extremo sul da Bahia: análise do índice tecnológico da comercialização e do custo social das perdas. Rev. Econ NE, 41: 699-714.
- Araújo LF (2004). Enriquecimento proteico do mandacaru sem espinhos (*Cereus jamacaru* P. DC.) e da palma forrageira (*Opuntia ficus-índica* Mill) em meio semissólido por processo biotecnológico. 2004. Tese de Doutorado. (Tese de Doutorado) - Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, UFCG.
- Araújo LF et al. (2005). H. Protein enrichment of cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) using *Saccharomyces cerevisiae* in solid-state fermentation. Brazilian Archives of Biology and Technology, 48(n. Special): 161-168.
- Azevêdo JAG et al. (2007). Consumo e digestibilidade total de resíduos de fruta para alimentação de ruminantes. In: XVII Congresso Brasileiro de Zootecnia e IX Congresso Internacional de

Zootecnia, 2007, Londrina. XVII Congresso Brasileiro de Zootecnia e IX Congresso Internacional de Zootecnia. Londrina.

Bezerra AS et al. (2017). Fermentação. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tecnologia_de_alimentos/arvore/CONT000fid5s.gif02wyiv80z4s4737dnfr3b.html. Acesso em: 30 mai. 2017.

Coelho P (2013). Saccharomyces cerevisiae, Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2013/09/saccharomyces-cerevisiae.html>. Acesso em: 03 de jun. 2018.

IBGE (2011). Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 38. 97p.

Lousada Júnior JE et al. (2005). Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. Rev Bras Zootecn, 34: 659-669.

Luciano RC et al. (2014). Enriquecimento proteico de resíduos de abacaxi para alimentação alternativa de ruminantes. Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária, 8(4): 47-52.

Nunes H et al. (2007). Alimentos alternativos na dieta de ovinos: Uma revisão. Arch Latinoam Prod Anim, 15: 147-158.

Raimbault M (1998). General and microbiological aspects of solid substrate fermentation. Electronic Journal of Biotechnology, North América, 115: 12.

Russell JB (2002). Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition. Cornell University. Ithaca, NY.

Santin AP (1996). Estudo da secagem e da inativação de leveduras Saccharomyces cerevisiae. Dissertação (Engenharia Química) – Centro tecnológico, Universidade federal de Santa Catarina.

Sebrae N (2016). O cultivo e o mercado do mamão. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-do-mamao,937a9e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD>. Acesso em: 04 jun. 2018.

Silva DJ et al. (2002). Análise de alimentos. Métodos químicos e biológicos. 2 ed. Viçosa, 165p.

Sniffen CJ (1998). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science, 70: 3562–3577.

Telles MM (2006). Características fermentativas e valor nutritivo de silagens de capim-elefante contendo subprodutos do urucum, caju e manga. Tese de Doutorado.


Trindade AV (2013). 500 perguntas 500 respostas. 2. ed. Brasília: 2013.

Valente TNP (2011). Utilização de resíduos de frutas na alimentação de ruminantes. PUBVET, 5(15): 1099.


Valorização do coproduto do melão (*Cucumis melo* L.) através de bioprocessos destinados a ração animal

Recebido em: 23/04/2021

Aceito em: 14/05/2021

 10.46420/9786588319703cap6


Marcos Sérgio de Oliveira Carvalho Júnior¹ 

Lucia De Fátima Araújo^{1*} 

Adriana Margarida Zambotto Ramalho¹ 

Robson Rogério Pessoa Coelho¹ 

Lucivânia Assis De Oliveira Navarro¹ 

Oswaldo Soares Da Silva² 

Raquel Aline Araújo Rodrigues Félix² 

INTRODUÇÃO

O Brasil produz cerca de 521,6 mil toneladas de melão (*Cucumis melo* L.) por ano, um total de 224 mil toneladas são exportadas para outros países e 103 mil consumidas no Brasil. Todo o resto da produção é equivalente a quase 195 mil toneladas que é igual a 37% das frutas desperdiçadas, não é apenas por falta de qualidade ou pragas que atingiram as lavouras dos melões, o desperdício ocorre simplesmente porque esses melões não passaram no “teste de beleza” (Gazeta do Povo, 2017).

Neste caso, é possível afirmar que o desperdício do produto ocorre geralmente na comercialização, a chamada perda cosmética. Os frutos possuem algum tipo de deformação, e que são jogados fora porque o consumidor não comprou em seu tempo de vida útil. Em diferentes casos, como no processamento mínimo de melões, o rendimento está entre 38 a 42% em massa fresca dos frutos inteiros (Pinto, 2002), isto quer dizer que, 58 a 62% da matéria-prima é descartada como resíduo sem nenhum aproveitamento, por esses aspectos e outros a perda acontece em grande escala gerando lixo e prejuízo para a indústria.

As condições climáticas ideais são respectivamente encontradas no nordeste ao qual o RN está localizado onde ocorre pouca chuva e muito sol, mas que também pode se produzir em qualquer área do Brasil, o Ceará e o Rio Grande do Norte possuem uma vantagem única por serem os estados livres da mosca das cucurbitáceas (*Anastrepha grandis*), subsistindo assim devido ao trabalho conjunto realizado pelo COEX (Comitê Executivo Fitossanitário da região de Assú, Mossoró e Areia Branca), UNIVALE

¹ Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte, Macaíba-RN.

² Universidade Federal De Campina Grande, Campina Grande-PB

* Autora correspondente: luciazootec@yahoo.com.br

(União dos Agronegócios do Vale do Jaguaribe), SAPE (Secretaria de Agricultura, Pecuária e Pesca) e MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) (SENAR, 2007).

Segundo o site Dieta e Saúde (2018) o valor energético do melão é de 191,4 kcal e seu vd 9,57% para cada unidade da fruta, sendo fundamental o seu consumo e adição na dieta, em relação aos carboidratos serem considerados 49,5 g por unidade de melão ao qual seu valor diário é equivalente a 16,5%, portanto, se tornando um alimento importante para a utilização da síntese das proteínas. Este processo de síntese de proteínas pode ser realizado pelas leveduras que utilizam os carboidratos solúveis no substrato (casca do melão) para produção de um bioproduto de alto valor agregado a ser utilizado na dieta dos animais.

Segundo Melo (2010) além do Brasil o melão é muito consumido no mundo e principalmente em países europeus e outros como Estados Unidos e Japão. Um fruto rico em diversas vitaminas A, B, B2, B5 e C, sais minerais presentes como potássio, sódio e fósforo, e seu valor energético um tanto baixo, pode ser consumido de diversas formas inclusive *in natura*. A cultura do meloeiro vem se configurando como um importante negócio para os produtores do Semiárido brasileiro, apresentando bons rendimentos, principalmente em estados como Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará.

O Brasil é um dos pioneiros na produção mundial de frutas tropicais, como evidencia o destaque em algumas culturas, a exemplo das frutas abacaxi, uva, maçã e manga, melão dentre outras variedades de frutas. Enquanto ocorre o processamento agroindustrial dessas frutas para produção de sucos, polpas e doces, geleias, naturalmente acontece uma produção de boa quantidade de coprodutos que não são reaproveitados nem utilizados mas sim descartados, o que revela para a indústria uma situação de perda de dinheiro, e principalmente impactos ambientais em função do descarte dos resíduos que na maioria das vezes é descartado sem nenhum tipo de critério pelos responsáveis das indústrias (Silva, 2017).

A indústria de alimentos costuma gerar resíduos de origem vegetal e animal que também são chamados de subprodutos, que podem ser reaproveitados para diversos fins inclusive na dieta de animais. Mesmo sabendo que o nordeste brasileiro sempre se destacou na produção frutícola no Brasil a produção animal vem sempre contribuindo para o desenvolvendo da renda da agropecuária cujo 7,9 refere-se a região nordeste e de 2,3 para 3,1% em relação ao (PIB) em 1996, tudo isso por que os animais se alimentaram bem, devido a sua alimentação estratégica principalmente nas épocas secas do ano os animais tem uma alimentação adequada e sadia melhorando os rebanhos, dessa forma torna-se essencial que os animais tenham um bom alimento nutritivo e de um baixo custo (Silva, 2017).

Sendo assim é importante estudar e pesquisar novos meios de nutrir e alimentar os animais de maneira que o custo seja acessível comparado a ingredientes tradicionais, incluindo assim novas alternativas que possa quantificar as respostas nos animais em termos produção e economia. É uma perfeita alternativa são os subprodutos agroindustriais na dieta desses animais, mas esses alimentos por

sua vez muitos deles estão para serem explorados, estudados a sua composição e níveis adequados de utilização econômica e biológica na produção animal. (Lousada Júnior et al., 2016).

O território brasileiro é abastecido normalmente de pastagens de pasto, mas o rendimento cai em épocas distintas no ano, apresentando até 80% do seu rendimento na safra durante épocas úmidas que inclusive é o melhor período para as pastagens durante um ciclo de aproximadamente 6 meses, sendo assim ocasionando uma safra e uma entressafra na produção dessas pastagens anualmente com reflexos econômicos desfavorável na execução da atividade. As importantes limitações para animais que são alimentados pela forragem são a pouca disponibilidade de forragem verde e baixo teor nutritivo pelo menos durante a metade do ano. As forragens disponíveis nos pastos brasileiros indicam carência dos nutrientes essenciais enquanto dura o período de seca, não complementando assim as exigências dos animais em pastejo (Oliveira, 2005).

Na atualidade existem alternativas alimentícias que são capazes de suprir as deficiências nutricionais dos animais em períodos em que o pasto está em menor disponibilidade. Entre essa liberdade existem diversas opções, ao qual destaca se entre elas os grãos de cereais, que por sua vez são caros, em períodos de estiagem em especial, a silagem, feno, subprodutos das agroindústrias e dentre outras alternativas. As aplicações de subprodutos da agroindústria como na utilização do processo de frutas podem gerar barateamento dos custos de produção desses animais e com menor tempo de produção, logo a alimentação totaliza em até 70% dos custos da atividade. Pesquisas apontam que dentro de níveis favoráveis, os subprodutos podem representar a substituição de produtos forrageiros e concentrados tradicionais, entre eles o milho e o farelo de soja. Com certeza a utilização de novas alternativas alimentares como subprodutos do processamento de frutas podem acarretar benefícios para compor a dieta de ruminantes, em todas as regiões do Brasil, atingindo em inúmeros casos, abundante disponibilidade de matéria prima desses alimentos, e provável complemento de eficiência de produção (Costa, 2014).

METODOLOGIA

O experimento foi realizado na Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias – Escola Agrícola de Jundiá – UFRN. A preparação das amostras foi realizada na Unidade de Processamento e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças, e as análises bromatológica foram realizadas no Laboratório de Nutrição e Alimentação Animal (LNAA) do curso de Zootecnia pertencente a mesma unidade.

O substrato utilizado foi o resíduo (casca) do melão (*Cucumis melo L.*), obtido no refeitório. A levedura (fermento biológico) na unidade de panificação, e a ureia foi adquirida no estabulo, sendo assim todas as matérias-primas utilizadas no experimento foram adquiridas na Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias – Escola Agrícola de Jundiá- campus Macaíba - UFRN.

O micro-organismo utilizado foi a levedura da espécie *Saccharomyces cerevisiae* prensada, liofilizado da marca Gold Veja contendo em média 63% de proteína bruta (PB) doado pela Unidade de Panificação da Escola Agrícola de Jundiáí.

A fonte de nitrogênio não proteico utilizada foi a ureia (NH₂CO-NH₂), um composto orgânico sólido, branco, inodoro, solúvel em água e higroscópico. Com 42% de nitrogênio, que multiplicado pelo fator 6,25%, comum para proteínas, correspondem a 262% deste nutriente.

A ureia pecuária utilizada neste trabalho foi doada pelo estábulo da mesma Unidade citada anteriormente, com a finalidade de acelerar o crescimento do micro-organismo.

As amostras foram preparadas através de um pré-tratamento sobre uma mesa de inox onde utilizou-se uma faca para desagregação das cascas em pequenos pedaços em torno de 5 a 6 centímetros, após foram trituradas em um processador industrial com o objetivo de obter uma massa minimamente triturada, a partir da obtenção das cascas trituradas foi feito a prensagem de forma manual usando uma peneira para a retirada do excesso de água livre, assim somente ficando o substrato do melão úmido para o seu referente objetivo.

Obtenção do Substrato

O enriquecimento proteico foi realizado com a inoculação da levedura da espécie *Saccharomyces cerevisiae* no percentual de 2% do peso total substrato formado pelo resíduo de melão (casca) conforme metodologia descrita por (Araújo, 2004).

Para a realização do enriquecimento proteico dos resíduos do melão foram realizadas as seguintes etapas: Etapa 1. As cascas do melão foram cortadas por uma faca em vários pedaços pequenos para posterior trituração; Etapa 2. Ao triturar as cascas do melão no processador industrial houve a necessidade de um pré-tratamento no que foi passar todo conteúdo em uma peneira separando o suco do resíduo por apresentar grande quantidade do líquido; Etapa 3. Em seguida o total de resíduo úmido foi pesado em um recipiente de plástico em uma balança conforme mostra a Figura 4 totalizando 1,978 kg; Etapa 4. O conteúdo total foi dividido por quatro em porções equivalentes a 494,5 kg distribuídos em biorreatores (forma de alumínio) devidamente identificadas formando os seguintes tratamentos: T1 = Resíduo de melão na forma *in natura* (testemunha); T2 = Resíduo de melão + com 2% de leveduras do total de substrato; T3 = Resíduo de melão + 2% de levedura + 1% de ureia; T4 = Resíduo de melão + 2% de levedura + 2% de ureia.



Figura 1. Corte do melão *in natura*. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 2. Processador industrial. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 3. Separação do suco do resíduo. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 4. Pesagem do resíduo. Fonte: Arquivo pessoal.

As amostras distribuídas nos biorreatores foram colocadas em bancadas do laboratório de análise físico-química de alimentos para realização da fermentação semissólida no período de 24 horas. Após o período de fermentação as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada de ar de 55^o C a 65^o C por um período de 72 horas. Posteriormente foram colocadas em estufa a 105^o C por um período de 04 horas, colocadas em um dessecador por 30 minutos, pesados em cadinhos e porcelana para realização das análises químicas-bromatológicas segundo a AOAC (2005) e Silva et al. (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O dado referente ao teor de MS (78,16 %) da casca do melão na forma *in natura* foi menor que o valor encontrado por Louzada Júnior et al. (2016) equivalente a 84,56% ao trabalhar com o refugo (fruto descartado não apto para o consumo humano do melão). Observa-se ainda na Tabela 1 que quando se inoculou apenas 2% de levedura o teor de matéria seca teve uma maior concentração em relação a este teor na matéria *in natura*, assim aconteceu com os demais tratamentos quando além da inoculação da

levedura houve a adição de 1 e 2 % de ureia, este fato deve-se ao crescimento da massa microbiana embora de uma maneira pouco significativa.

Tabela 1. Caracterização químico-bromatológica dos resíduos do melão na forma in natura e Processada.

Tratamentos	MS	PB	EE	FDN	FDA	CHOT	CNF	HCEL	CEL	LIG
Resíduo <i>in natura</i>	78,16	0,12	1,93	53,67	51,66	94,11	44,71	3,33	42,09	9,58
Resíduo + 2% de lev.	87,82	0,16	0,89	51,51	50,34	93,80	44,07	2,52	40,76	9,58
Resíduo + 2% de lev. + 1% de ureia	88,75	0,43	0,92	50,10	47,21	93,22	44,00	0,63	38,82	8,65
Resíduo + 2% de lev. + 2% de ureia	90,17	0,56	0,88	49,72	42,47	93,20	39,55	0,14	33,72	8,48

MS= Matéria seca; PB= Proteína bruta; EE= Extrato etéreo; FDN= Fibra em Detergente Neutro; FDA= Fibra em detergente ácido; CHOT= ácido; COHT= Carboidratos totais; CNF= Carboidratos não fibrosos; HEM= Hemicelulose; CEL=Celulose.

De acordo com Araújo (2004), este fato deve-se também a formação de CO₂ e evaporação de água fez com que a massa do fermentado diminuísse e conseqüentemente aumentasse a concentração da matéria seca (observou-se maior concentração de massa no material fermentado em relação ao material na forma “in natura”), havendo ainda uma multiplicação celular da levedura principalmente quando adicionado à ureia, o que acelera o crescimento da mesma.

Para os teores de proteína bruta verificou-se valor de 0,12% dos resíduos do melão na forma in natura inferior aos valores apresentados para os resíduos processados com 2% de levedura, 2% de levedura + 1 e 2% de apresentaram os seguintes teores de proteínas 0,16; 0,43; 0,56, respectivamente. No entanto, os aumentos dos teores proteicos não foram relevantes. Este fato deve ter ocorrido pela presença de alto teor de lignina presente nas cascas do melão, uma vez que a levedura não metaboliza este ingrediente.

Os valores observados para FDN da casca de melão enriquecidos com levedura e/ou ureia (51,51; 50,10; 49,72%) em relação ao valor deste nutriente nas cascas de melão na forma in natura (53,67%). De acordo com Queiroz et al. (1992) *apud* Luciano et al. (2014), afirma que alimentos tratados com ureia têm demonstrado que a hidrólise utilizando este aditivo reduz o conteúdo de FDN. Os valores observados para FDN da casca de melão enriquecidos com levedura e/ou ureia (51,51; 50,10; 49,72%) em relação ao valor deste nutriente nas cascas de melão na forma in natura (53,67%). De acordo com Queiroz et al. (1992) *apud* Luciano et al. (2014), afirma que alimentos tratados com ureia têm demonstrado que a hidrólise utilizando este aditivo reduz o conteúdo de FDN.

Os valores de FDA verificado para casca do melão na forma in natura e processada foram de 51,66%; 50,34%; 47,21% e 42,47%, respectivamente. Observa-se que existe uma correlação negativa entre o teor de FDA e o teor proteico, ou seja, quando ocorre aumento no teor proteico há uma

diminuição no teor de FDA. Este fato pode ser atribuído ao consumo dos carboidratos solúveis pelos micro-organismos para síntese de proteína, mas não ocorre o consumo de carboidratos fibrosos como celulose, lignina, pois a *Saccharomyces cerevisiae* só metaboliza carboidratos solúveis. A pequena diminuição destes teores atribui-se a adição de ureia e não da levedura (Araujo et al., 2005).

Os valores observados para CHOT na casca do melão na forma in natura e processada apresentaram os seguintes teores: 94,11%; 93,89%; 93,22% e 93,20%, respectivamente. Observa-se uma redução gradativa da fração de carboidratos totais existentes nos resíduos do melão (casca) que pode atribuir a degradação dos carboidratos contidos nos substratos que podem ser metabolizados como fonte de energia para reações de biossíntese da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, sendo também dependente da concentração desse micro-organismo no substrato, (Araújo, 2004).

Segundo Telles (2006), afirma que a redução dos teores de CHOT está associada à diminuição dos teores de FDN e FDA, o que contribui para melhorar o consumo e a digestibilidade do alimento.

Observando os dados apresentados na Tabela 1, verificam-se os valores de CNF para os resíduos de melão (casca) na forma in natura e processada de 44,71%; 44,07%; 44,00% e 39,55%, respectivamente. Este fato pode estar relacionado ao consumo de carboidratos solúveis pelos micro-organismos para síntese de proteínas, embora seja valores irrelevantes.

Os dados referentes aos teores de HEM nos resíduos do melão (casca de melão) na forma in natura e processados com a levedura e/ou ureia apresentaram os seguintes valores (3,33%; 2,52%; 0,63%, 0,14%). Verifica-se tanto na determinação de FDA como FDN, que o aumento da proteína bruta é inversamente proporcional a produção de fibras, ou seja, o teor de proteína bruta (PB) aumenta com a diminuição dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), Este fato pode ser justificado devido à hemicelulose ser um carboidrato não metabolizado pela *Saccharomyces cerevisiae*, porém degradada pela adição de ureia (Araújo, 2004; Luciano et al., 2014).

Com base nos resultados verificados para os teores de CEL na composição química dos p na química da casca de melão na forma in natura e processada podem-se observar os valores de 42,40,76%; 38,82%; 33,72% respectivamente, evidenciando diminuição nos teores deste nutriente nos tratamentos processados em relação ao tratamento na forma in natura. Observa-se que os tratamentos os tratamentos adicionados a ureia há tendência do conteúdo de celulose em diminuir. Uma das vantagens da adição da ureia (NNP) na alimentação de ruminantes ocorre sobre as bactérias degradadoras de carboidratos fibrosos que possuem alta exigência por amônia (NH₃). Assim a ureia apresenta potencialização na inclusão das dietas de ruminantes no aproveitamento da parte fibrosa dos alimentos (Russell, 2002).

Pode-se ainda observar na Tabela 1. que os valores obtidos para LIG na forma in natura e processado dos resíduos de melão foram: 9,58%; 9,58%; 8,65%; 8,48%, onde os valores deste nutriente foram idênticos na forma in natura e processada com 2% de levedura. Este fato deve ter ocorrido porque

a levedura não metaboliza lignina, portanto, nos tratamentos que foram adicionados a ureia houve um decréscimo deste nutriente. Observou um perfil para determinação de LIG igual aos perfis de hemicelulose e celulose.

CONCLUSÕES

Concluiu-se neste trabalho que o processo de enriquecimento proteico da casca de melão através da inoculação da levedura não foi estimulado, uma vez que foi evidenciado através da realização das análises bromatológicas a presença de alto teor de lignina que não é metabolizável por este micro-organismo.

O resíduo avaliado possui características nutricionais de um volumoso adequado para inclusão na dieta de ruminantes.

Vale ressaltar que apenas o valor nutritivo não nos permite fazer afirmações mais pontuais sobre a utilização deste resíduo pois existem outras limitações na utilização do mesmo na alimentação dos animais, necessitando mais estudos, como a utilização de tratamentos químicos ou físicos que visem melhorar o valor nutritivo deste resíduo e a sua experimentação nos animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- AOAC (2005). Association of Official Analytical Chemists- Official Methods of Analysis of the AOAC International. 18. ed. Maryland: AOAC.
- Araújo LF (2004). Enriquecimento proteico do Mandacaru sem Espinhos (*Cereus jamacaru* P.DC) e Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) por Fermentação Semi-Sólida. Campina Grande-PB: Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, (Tese de Doutorado). 197p.
- Araújo LF et al. (2005). Protein enrichment of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill) using *Saccharomyces cerevisiae* in solid-state fermentation. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(Special): 161-168.
- Costa LF (2004). Leveduras Na Nutrição Animal. *Revista Eletrônica Nutritime*, Disponível em: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/001V1N1P01_06_JUL2004.pdf. Acesso em: 15 maio 2018.
- Gazeta do Povo (2017). Brasil joga no lixo toneladas de melões só por causa da aparência. Ceará, 12 oct. 2017. Disponível em: <http://https://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/agricultura/fruticultura/brasil-joga-no-lixo-toneladas-de-melao-so-por-cao-da-aparencia-2gu2p5y9l1b8522q112sr8upd>. Acesso em: 04 jun. 2018.
- IBGE (2011). Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 38: 97.


- Lousada Júnior JE et al. (2016). Consumo e digestibilidade de subprodutos do processamento de frutas em ovinos. *Rev Bras Zootecn*, 34: 659-669.
- Luciano RC et al. (2014). Enriquecimento proteico de resíduos de abacaxi para alimentação alternativa de ruminantes. *Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária – EMEPA*, 8(4): 47-52.
- Russell JB (2002). *Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition*. Cornell University. Ithaca, NY.
- Silva DJ et al. (2002). *Análise de alimentos. Métodos químicos e biológicos*. 2 ed. Viçosa. 165p.
- Telles MM (2006). *Características fermentativas e valor nutritivo de silagens de capim-elefante contendo subprodutos do urucum, caju e manga*. Tese de Doutorado.

Temperatura base para emissão de nós e soma térmica do feijão-de-porco

Recebido em: 28/04/2021


Aceito em: 02/05/2021

 10.46420/9786588319703cap7

Jocélia Rosa da Silva^{1*} 

Arno Bernardo Heldwein² 

Mateus Possebon Bortoluzzi³ 

Luis Henrique Loose⁴ 

Dionéia Daiane Pitol Lucas² 

Mateus Leonardi¹ 

INTRODUÇÃO

O feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.) DC] é uma planta tropical anual, pertencente à família Fabaceae. A espécie tem facilidade de adaptação em solos de baixa fertilidade ou sob condições hídricas e térmicas adversas, permitindo seu cultivo em diferentes regiões do Brasil (Padovan et al., 2011). Seu uso como planta de cobertura tem se intensificado devido ao rápido crescimento inicial (Carvalho et al., 2013), reduzindo as perdas por processos erosivos (Cardoso et al., 2013), assim como a infestação de plantas daninhas (Monquero, 2009). Apresenta ainda um elevado potencial fitoextrator de metais pesados de solos contaminados (Almeida et al., 2008).

O feijão-de-porco possui um alto potencial de fixação biológica de nitrogênio e ciclagem de nutrientes (Teodoro et al., 2011). Considerando uma produção de 14,37 t ha⁻¹ de matéria seca Moreira et al. (2016) encontraram aporte de nitrogênio do feijão-de-porco para as culturas subsequentes de aproximadamente 298,9 kg de N ha⁻¹, suficiente para suprir a necessidade básica desse nutriente pela cultura do milho e garantir alta produtividade (Pavinato et al., 2008).

Apesar da importância da cultura do feijão-de-porco na melhoria dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, existe pouco conhecimento sobre a sua bioclimatologia. Informações como a temperatura base inferior (Tb) e soma térmica para seus subperíodos ainda não estão disponíveis e são essenciais para compreender o desenvolvimento da espécie, bem como para determinar a data mais adequada de semeadura, práticas culturais e de incorporação da massa verde.

A soma térmica em graus-dia é muito utilizada para descrever o desenvolvimento vegetal, baseado na quantificação do efeito temperatura do ar acima da temperatura base (Gilmore et al., 1958; Arnold,

¹ UFSM, Doutorando (a) no Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

² UFSM, Dr.(a) Docente do Departamento de Fitotecnia.

³ UPF, Dr. Docente da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária.

⁴ IFFAR, Dr. Docente no Instituto Federal Farroupilha Campus Santo Ângelo.

* Autora correspondente: joceliarosa.s@gmail.com

1960). A relação entre a temperatura do ar e o desenvolvimento das plantas é linear e, portanto, a partir da soma térmica acumulada têm-se uma melhor quantificação de tempo biológico do que em dias do calendário civil (Gilmore et al., 1958).

Para a determinação da soma térmica faz-se necessário conhecer a temperatura abaixo da qual a taxa de desenvolvimento da planta é nula ou tão lenta que é considerada desprezível. Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar a temperatura base inferior para a emissão de nós e a soma térmica acumulada para seis subperíodos no intervalo compreendido entre a semeadura e o início de enchimento de grãos do feijão-de-porco semeado em diferentes datas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos com a cultura do feijão-de-porco, cv. Comum, foram conduzidos no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS (latitude: 29° 43' S, longitude: 53° 43' W e altitude: 95 m), durante os anos agrícolas 2011/12, 2012/13 e 2013/14. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa (subtropical úmido) com verões quentes e sem estação seca definida. A temperatura média do ar para Santa Maria é de 13,8°C no mês mais frio e 24,7 °C no mês mais quente, e a precipitação pluvial normal anual é de 1712,4 mm, distribuída de forma uniforme ao longo do ano (Heldwein et al., 2009). O solo do local é um Argissolo Vermelho Distrófico arênico (Streck et al., 2002).

As semeaduras foram realizadas em duas datas no primeiro ano agrícola (14/12/2011 e 15/01/2012), três datas no segundo ano agrícola (31/08/2012, 17/10/2012 e 05/12/2012), e três datas no terceiro ano agrícola (01/11/2013, 05/12/2013 e 16/01/2014). As semeaduras do primeiro ano agrícola foram realizadas em um espaçamento de 0,50 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas na fileira, totalizando uma densidade de 100.000 plantas ha⁻¹, nos demais anos agrícolas foi utilizado um espaçamento de 0,50 m entre fileiras e 0,25 m entre plantas na fileira, totalizando uma densidade de 80.000 plantas ha⁻¹, em parcelas de 6,5 m² em todos os anos agrícolas. A adubação utilizada no momento da semeadura foi de 200 kg ha⁻¹ de NPK na fórmula 0-20-20. Ao longo do ciclo, as plantas daninhas foram controladas por capinas manuais, não sendo necessária a realização de tratamento fitossanitário.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com oito repetições. As observações fenológicas foram realizadas três vezes por semana em três plantas por parcela, procedendo-se a contagem do número de nós na haste principal de cada planta. Um nó foi considerado desenvolvido quando a primeira folha imediatamente acima dele apresentava seu limbo foliar aberto com as bordas não se tocando. Além disso, foram observados os estádios de emergência – EM, quatro nós completamente desenvolvidos - V4, início do florescimento – IF (primeira flor aberta) e início de enchimento de grãos – IEG (5% das vagens em enchimento).

O cálculo da soma térmica diária foi realizado de acordo com Arnold (1960), conforme a seguinte fórmula: $STd = (T_{\text{méd}} - T_b) \times 1.\text{dia}$, em que: $T_{\text{méd}}$ é a temperatura média do ar calculada a partir da média aritmética entre a temperatura máxima e mínima diárias do ar; T_b é a temperatura base para emissão de nós na cultura do feijão-de-porco.

Os dados de temperatura do ar utilizados no cálculo da soma térmica foram obtidos junto à Estação Meteorológica Automática de Santa Maria pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 100 m da área experimental. O cálculo da soma térmica acumulada (STa , °C dia) foi realizado pelo somatório dos valores de STd desde a semeadura até o estágio de início de enchimento de grãos das plantas.

A determinação da temperatura base para a emissão de nós foi realizada através da metodologia do menor quadrado médio do erro (QME) da regressão linear entre o número de nós e a soma térmica acumulada (Sinclair et al., 2004). Para a determinação da T_b , a STd foi calculada com valores fictícios de T_b entre 0 e 20 °C, em intervalos de 0,5 °C, conforme a metodologia utilizada por Arnold (1960). Equações de regressão linear simples entre os valores de NN de cada planta e a soma térmica acumulada foram calculadas com os diferentes valores de temperaturas base para emissão de nós.

O valor de T_b que resultou no menor valor de QME foi considerado o valor de T_b individual de cada uma das 16 plantas observadas de cada data de semeadura. O valor médio dos valores de T_b de todas as plantas nas diferentes datas de semeadura foi considerado como a T_b da cultura do feijão-de-porco. A duração dos subperíodos fenológicos S - EM, EM - V4, V4 - IF, IF - IEG, EM - IF e EM - IEG foi calculada em função da soma térmica acumulada e do número de dias e foram submetidos à análise da variância. A análise estatística utilizada para as variáveis número de dias e soma térmica dos subperíodos de desenvolvimento do feijão-de-porco constou do cálculo da média, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A semeadura do feijão-de-porco em diferentes datas proporcionou o seu desenvolvimento em diferentes condições meteorológicas ao longo do subperíodo de SEM-IEG (Tabela 1), o que é essencial para a determinação da T_b da cultura além de auxiliar no melhor entendimento da resposta fenológica do feijão-de-porco às condições meteorológicas.

Tabela 1. Temperatura do ar média ($T_{\text{méd}}$), máxima absoluta ($T_{\text{máx}}$) e mínima absoluta ($T_{\text{mín}}$), total diário da radiação solar global incidente (R_g) e precipitação acumulada (P_{rec}) do período de semeadura até o início de enchimento de grãos do feijão-de-porco semeado em diferentes datas de semeadura em Santa Maria. Fonte: os autores.

Datas de semeadura	$T_{\text{méd}}$ (°C)	$T_{\text{máx}}$ (°C)	$T_{\text{mín}}$ (°C)	R_g (MJ m ⁻²)	P_{rec} (mm)
31/08/2012	21,7	37,7	3,7	2101,3	551,9
17/10/2012	23,8	37,7	11,6	1770,0	581,2
01/11/2013	25,2	39,2	12,4	1976,4	491,8
05/12/2012	24,7	38,6	11,5	1750,0	532,7
05/12/2013	26,6	40,2	15,1	1750,1	254,8
14/12/2011	25,6	38,7	13,1	1343,7	188,8
15/01/2012	26,1	38,3	13,3	1469,2	340,4
16/01/2014	24,4	40,2	7,4	1747,5	472,3

Verificou-se variação do QME nas simulações realizadas para todas as T_b utilizadas, sendo selecionada a T_b com menor QME para cada planta (Figura 1a). A T_b estimada para cada planta, das oito datas de semeadura com total de 128 plantas, variou de 5 a 15 °C na maioria delas, com pequena variação do QME entre as T_b s. Por esse motivo optou-se por fazer a média das 128 T_b com menor QME, resultando em uma T_b de 11,5 °C para a emissão de nós na cultura do feijão-de-porco. Esse valor é semelhante a T_b de 10 °C determinada para o feijão-de-vagem (Heldwein et al., 2010) e superior a T_b de 9,3 °C obtida para o feijão-de-porco cultivado em casa de vegetação por Qi et al. (1999).

As regressões lineares entre o NN e a soma térmica apresentaram valores do coeficiente de determinação (R^2) acima de 0,97, ratificando que a temperatura do ar é o principal elemento meteorológico que influencia na emissão de nós na cultura do feijão-de-porco. Esse resultado era esperado tendo em vista que a resposta do feijão-de-porco ao fotoperíodo é baixa (Qi et al., 1999). Para a semeadura realizada no dia 16/01/2014, por exemplo, a relação entre o NN e a soma térmica acumulada, apresentou um coeficiente de determinação de 0,99 (Figura 1b).

A duração dos subperíodos de desenvolvimento do feijão-de-porco, em °C dia calculados para a T_b de 11,5 °C variou entre as datas de semeadura (Figura 2). Para os seis subperíodos de desenvolvimento do feijão-de-porco estudados, a duração dos mesmos contabilizados em número de dias do calendário civil apresentou maior variação em relação à duração em tempo térmico (Tabela 2). Esse resultado vai ao encontro a Matos et al. (2014) indicando uma melhor estimativa da duração dos subperíodos quando utilizada a metodologia da soma térmica.

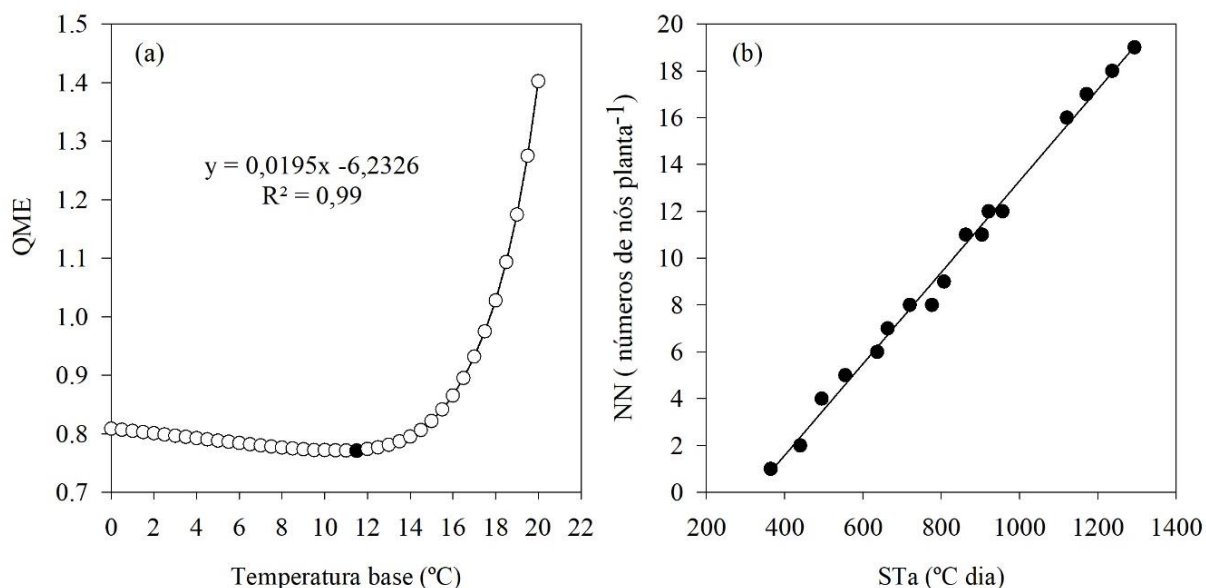


Figura 1. Temperatura base inferior determinada pelo método do quadrado médio do erro (QME) de Arnold (1960) (a) e regressão linear entre o número de nós (NN) e a soma térmica acumulada utilizando-se a Tb de 11,5 °C (b) para plantas de feijão-de-porco com semeadura em 16/01/2014. Fonte: os autores.

Tabela 2. Média, desvio padrão (DP, em dias ou °C dia) e coeficiente de variação (CV, %) da duração dos subperíodos de desenvolvimento semeadura a emergência (S-EM), emergência a quatro nós desenvolvidos (EM-V4), quatro nós desenvolvidos ao início do florescimento (V4-IF), início do florescimento ao início do enchimento de grãos (IF-IEG), SEM até IF e SEM até IEG, do feijão-de-porco em função da metodologia da soma térmica e em função de dias do calendário civil. Fonte: os autores.

	SEM-EME		EME-V4		V4-IF		IF-IEG		SEM-IF		SEM-IEG	
	Dia	STa	Dia	STa	Dia	STa	Dia	STa	Dia	STa	Dia	STa
Média	11,0	136,2	31,3	400,0	26,7	369,9	20,2	281,4	69,0	906,0	89,2	1187,4
DP	4,5	42,6	13,0	73,1	4,3	46,5	6,7	59,4	13,9	60,2	13,2	103,4
CV	39,6	29,3	36,4	16,8	14,9	11,5	32,1	20,1	18,3	8,2	14,7	8,8

No subperíodo S-EM a soma térmica acumulada média foi de 136,2 °C dia, representando o subperíodo com maior coeficiente de variação quando avaliado em dias do calendário civil ou quando avaliado em tempo térmico (Tabela 2). Nesse subperíodo de S-EM o processo germinativo está vinculado principalmente à umidade e temperatura do solo (Vivian et al., 2008), o que justifica a grande variação na duração do subperíodo de semeadura à emergência entre datas de semeadura. Dessa forma, a temperatura do ar utilizada isoladamente não consegue descrever adequadamente a duração desses subperíodos em condições de campo, porém possui menor variação do que a comparação com a contagem de dias.

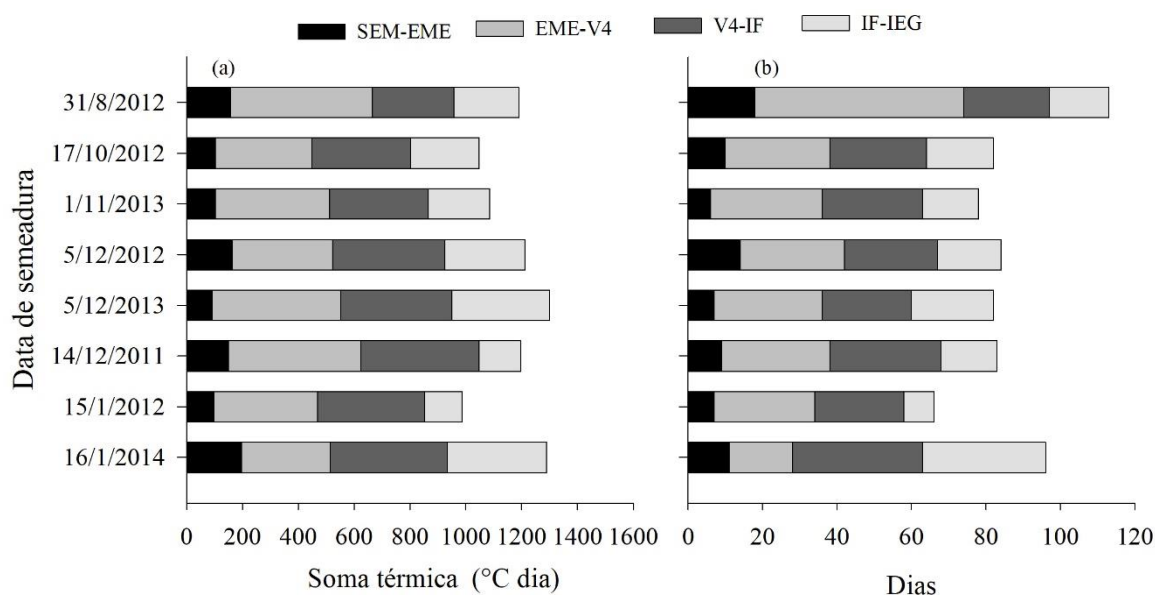


Figura 2. Duração dos subperíodos de desenvolvimento semeadura a emergência (S-EM), emergência a quatro nós desenvolvidos (EM-V4), quatro nós desenvolvidos ao início do florescimento (V4-IF) e início do florescimento ao início do enchimento de grãos (IF-IEG) do feijão-de-porco, em função da soma térmica calculada (a) e do número de dias (b) para diferentes épocas de semeadura. Fonte: os autores.

O subperíodo de EM-V4, momento de crescimento inicial do feijão-de-porco, apresentou alta variação quando analisado em contagem de dias, com duração média de 31 dias, e desvio padrão de 13 dias (Tabela 2). Com relação ao tempo térmico, a média obtida para esse subperíodo, foi de 400 °C dia com valores entre 318,2 °C dia a 508,4°C dia (Figura 2a). Este foi o subperíodo mais influenciado pela condição térmica, permitindo inferir que a capacidade de competição inicial do feijão-de-porco com as plantas daninhas pode ser prejudicada se a condição térmica não for adequada para promover um rápido desenvolvimento das plantas após emergiram.

O subperíodo de V4-IF foi o que apresentou menor variação entre as datas de semeadura (Figura 2), quando comparado em °C dia ou quando comparado em dias. Segundo Favero et al. (2001) no florescimento do feijão-de-porco parte de sua biomassa se encontra seca, sobre o solo, e parcialmente decomposta. O tempo térmico médio necessário do momento da semeadura até o início do florescimento foi de 906,0 °C dia e de 69 dias (Tabela 2). Keatinge et al. (1998) relatam um tempo de aproximadamente 70 dias até o florescimento em regime de fotoperíodo indutivo, semelhante ao encontrado neste trabalho. Já Carneiro et al. (2008) encontraram 121 dias até o florescimento do feijão-de-porco, verificando assim que se fosse adotado esse critério da contabilização do número de dias até o florescimento no atual trabalho em todas as datas de semeadura já haveria ocorrido esse subperíodo (Figura 2b). Para a semeadura realizada em agosto o tempo térmico necessário para o início do florescimento foi de 958,0 °C dia, com contabilização de 97 dias. Nos resultados para essa data de semeadura, fica evidenciado também que a reduzida disponibilidade térmica está implícita na necessidade de maior número de dias para o início da antese (Figura 2a). Apesar da pequena resposta do feijão-se-porco ao fotoperíodo (Qi et

al., 1999), isso ocorreu provavelmente devido a sua menor duração no período inicial de desenvolvimento da cultura nessa data de semeadura.

A contabilização dos subperíodos em soma térmica para o feijão-de-porco, de ciclo indeterminado, foi realizada até o subperíodo de início de enchimento de grãos, pois a emissão de nós foi cessada após esse subperíodo, como acontece em algumas cultivares de feijão (Toebe et al., 2012) e de soja (Zanon et al., 2016). O subperíodo IF-IEG apresentou duração média de 270,4 °C dia e de 20 dias (Tabela 2). O tempo necessário para o feijão-de-porco atingir o IEG, em média foi de 89 dias e de 1187,4 °C dia após a semeadura, apresentando variação entre as datas de semeadura. O IEG pode ser considerado o estágio mais recomendado para incorporação da parte aérea da cultura no solo, Carvalho et al. (2013) constataram que nesse estágio, aos 90 dias após a emergência das plantas, o feijão-de-porco atinge a maior taxa de cobertura do solo.

As semeaduras realizadas em agosto e janeiro aparecem como exceção, as quais demandaram um maior número de dias para atingirem o estágio de IEG, devido à exposição das plantas a condições de menor temperatura do ar. Desta forma, a semeadura do feijão-de-porco pode ser realizada em uma janela relativamente ampla (setembro a dezembro), sem que ocorra um significativo atraso no desenvolvimento da cultura para fins de incorporação ao solo. Neste sentido, pode-se inferir que a inclusão do feijão-de-porco como melhorador do solo em um sistema de rotação tende a ser mais adequada em semeaduras realizadas em dezembro, sendo incluídas após um cultivo precoce de ciclo curto como, por exemplo, de milho, girassol e batata e sem prejudicar o estabelecimento de uma cultura de inverno, seja para produção de grãos ou para pastagem.

Em relação à determinação da duração dos diferentes subperíodos estudados, bem como do período compreendido entre a emergência e o início de enchimento de grãos do feijão-de-porco, o CV foi menor quando utilizado o método da soma térmica do que quando realizada a contabilização em dias do calendário civil. Esse resultado demonstra que o feijão-de-porco é fortemente influenciado pela disponibilidade térmica, e que a temperatura do ar pode ser um fator limitante para o seu desenvolvimento. Assim, pode-se afirmar que a soma térmica representa a melhor forma de representar o desenvolvimento do feijão-de-porco e pode ser utilizada, por exemplo, em estudos de modelagem do crescimento da cultura.

CONCLUSÕES

A temperatura base para emissão de nós, do feijão-de-porco é de 11,5 °C.

A duração em número de dias do subperíodo entre a emergência e quatro nós desenvolvidos é decrescente de agosto para janeiro, o que não é verificado para a soma térmica, evidenciando claramente sua relação com a temperatura do ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Almeida EL et al. (2008). Crescimento de feijão-de-porco na presença de chumbo. *Bragantia*, 67(3): 569-576.
- Arnold CY (1960). Maximum-minimum temperatures as a basis for computing heat units. *Proceedings of the American Society for Horticultural Sciences*, 76(1): 682-692.
- Cardoso DP et al. (2013). Atributos fitotécnicos de plantas de cobertura para a proteção do solo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 8(1): 19-24.
- Carvalho WP et al. (2013). Desempenho agrônômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(2): 157-166.
- Favero C et al. (2001). Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(2): 1355-1362.
- Gilmore Junior EC et al. (1958). Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agronomy Journal*, 50(10): 611-615.
- Heldwein AB et al. (2009). O clima de Santa Maria. *Ciência & Ambiente*, 8: 43-58.
- Heldwein AB et al. (2010). Plastrocrono e rendimento de feijão-de-vagem cultivado sob ambiente protegido e no ambiente externo em semeadura tardia no outono. *Ciência Rural*, 40(4): 768-773.
- Keatinge JDH et al. (1998). Effects of temperature and photoperiod on phenology as a guide to the selection of annual legume cover and green manure crops for hillside farming systems. *Field Crops Research*, 57(2): 139-152.
- Matos VAT et al. (2014). Temperaturas basais e exigência térmica para a maturação de caju. *Bioscience Journal*, 30(4): 969-977.
- Monquero PA et al. (2009). Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. *Planta daninha*, 27(1): 85-95.
- Moreira DG et al. (2016). Produtividade de vinagreira, pimenta rosa e carobinha cultivadas em sucessão a mucuna preta e feijão de porco. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 18(1): 326-335.
- Padovan MP et al. (2011). Dinâmica de acúmulo de massa e nutrientes pelo feijão-de-porco para fins de adubação verde e o estágio mais adequado para manejo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 6(3): 182-190.
- Pavinato PS et al. (2008). Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. *Ciência Rural*, 38(2): 358-364.
- Qi A et al. (1999). Modelling the effects of temperature on the rates of seedling emergence and leaf appearance in legume cover crops. *Experimental Agriculture*, 35(3): 327-344.
- Sinclair TR et al. (2004). Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. *Field Crops Research*, 88(1): 171-178.
- Streck EV et al. (2002). Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: EMATER/RS; URGs. 107p.

- Teodoro R. et al. (2011). Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35: 635-640.
- Toebe M et al. (2012). Área foliar de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de dimensões foliares. *Semina: Ciências Agrárias*, 33(1): 2491-2500.
- Vivian R et al. (2008). Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência: breve revisão. *Planta Daninha*, 26(3): 695-706.
- Zanon AJ et al. (2016). Efeito do tipo de crescimento no desenvolvimento de cultivares modernas de soja após o início do florescimento no Rio Grande do Sul. *Bragantia*, 75(4): 445-458.

Heatwave implications in wheat during heading phenophase

Recebido em: 02/05/2021


Aceito em: 04/05/2021

 10.46420/9786588319703cap8

Leandris Argente Martínez¹ 

Ofelda Peñuelas Rubio¹ 

José Aurelio Leyva Ponce¹ 

Enrico Yopez-González² 

Jaime Garatuza Payán^{2*} 

Jorge González Aguilera³ 

INTRODUCTION

Among the adverse conditions of the agricultural systems worldwide, high temperatures have been the abiotic factor of greatest impact on the agronomic performance for crops (Siebert et al., 2017). Every year, thousands of hectares of crop lands are impacted by changes in temperature patterns and its combination with some other stressing factors (Gouache et al., 2017), these lands are abandoned because the plants do not overcome the stress condition and cannot, therefore, express their genetic-productive potential (Trnka et al., 2017). The Intergovernmental Panel on Climate Change reported that significant increases in the frequency and magnitude of heat stress and the occurrence of heat waves for different latitudes are predicted, which may affect crop production (IPCC, 2014).

Some studies confirm that wheat will be one of the most affected crops due to warming (Asseng et al., 2017) because of the reduction of heat units (cold hours) necessary to complete its normal phenological cycle (Arshad et al., 2017). Research has been carried on the effect of canopy warming during the tillering phenophase (Solanki et al., 2017), but there are critical wheat phenophases that can significantly be affected by heatwaves, which may cause considerable grain yield reduction. A single heatwave during a short period of time may cause irreversible damages mainly in the floral development and pollen fertilization affecting grain filling (Stratonovitch et al., 2015).

Heading phenophase, which takes place in wheat about 8-14 days after anthesis, depending on the species and variety (Jaiswal et al., 2017), could be affected by a heatwave, and may cause a significant

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Calle 600, Block 611, Bácum, San Ignacio Río Muerto, Sonora, México. C. P. 85275.1.

² Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, México C. P. 85000.

³ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus Chapadão do Sul, MS, Brasil CP 79560-000.

* Autor correspondente: garatuza@gmail.com

decrease in grain yield (Zampieri et al., 2017). That is why, an experimental evaluation of the possible impacts of a heatwave during this phenophase, in high yield varieties and highly productive regions, offers information on the possible impacts of a sudden climate variation in this crop and its effect on grain yield.

The present assay, was carried out in the Yaqui Valley in northwestern México, which has a hot semiarid climate and where wheat is the most important crop (Lares et al., 2016). In this region, recent climate change predictions have pointed out a temperature increase of about 2°C for the next 50 years (Cavazos et al., 2012) and a considerable variability of heatwaves occurrence (Navarro et al., 2018). The present work aims to evaluate the agronomical effects of an experimental heatwave during the heading phenophase on wheat, using as experimental model CIRNO C2008 which is still the most extensively cropped variety in this region since 2008 (Argentel et al., 2018).

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out during the growing seasons of 2016–2017 and 2018-2019 (December- April), under field conditions at the Experimental Technology Transfer Center (CETT-910) of the Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), located in the Yaqui Valley at: 27°22'0.4" N and 109°54'50.6" W (UTM: 607393.24 m E; 3027508.34 m N). The CIRNO C2008 wheat variety was used as experimental model, this variety was released in Mexico in 2018 and normally reaches between 5.6 t ha⁻¹ to 6.3 t ha⁻¹ when two or three doses of flood irrigation are applied over a cropping cycle respectively (Figueroa et al., 2010). This variety, nowadays, has shown the highest yield in the Yaqui Valley while maintaining its genetic stability of grain yield (Argentel et al., 2018).

Crop management was done as described in Garatuza et al. (2018) with sowing dates in mid-December, over two cropping cycles, 2016–2017 and 2018-2019, in both years three irrigation events of about 14 cm were applied at 45, 60 and 85 days after sowing. To assess the response to heat we established two treatments: 1) Heatwave; four plots with imposed heat to get 2 °C above ambient canopy temperature for five consecutive days during the heading phenophase (about 72 and 66 days after sowing for the 2016–2017 and 2018-2019 respectively), and 2) Control: four plots at ambient canopy temperature, distributed following a randomized design.

In the Heatwave treatment crop canopy temperature was raised by 2 °C using six thermal radiators per plot (FTE-1000 model, 1000W, 240 V, 245 mm long x 60 mm wide, built by Mor Electric Company Heating Association Inc.) (Kimbal, 2015). Temperature control was achieved with infrared temperature sensors (IRTS Apogee Instruments Inc.) installed on both Control, Warming and Heatwave treatments with an inclination degree of 45° from the soil surface to cover a circle of r=1.5 m at the center of the plot as explained Garatuza et al. (2018). The electronic system was programmed to keep a constant temperature of 2°C in the Heatwave and Warming treatments, through the proportional,

integrative and derivative routine described in Kimbal, (2015) and programed in a datalogger (CR1000, Campbell Sci.).

To evaluate crop responses to treatments, spike length (cm) was measured from the base to the terminal grain with a caliper just before harvesting. A total of 40 randomized spikes were taken by treatment. Spike mass (g) was measured on 30 spikes by treatment with a digital balance. The number of full and vain grains by spike (#) was counted after each panicle was carefully minced. A total of 25 panicles were used by treatment. Grain mass (g) on individual grains was measured with a balance taking a total of 90 randomized grains in each repetition for the three treatments. In the same way, thousand grains mass (g) was determined in 10 groups of 1,000 grains by treatment. Total biomass and grain yield ($t\ ha^{-1}$) were determined in the three treatments by harvesting three square meters from each plot.

Statistical analysis

Theoretical assumptions of normality and homogeneity were verified in the collected data, and the mean and its standard deviation were determined in the three treatments. For all evaluated variables, means were compared through the theoretical distribution of probability t-student for continuous quantitative variables for $p < 0.05$ and $p < 0.01$ (Gosset, 1917). For vain grains variable, a two-way analysis of variance with factorial arrangement was done (Fisher, 1937) and, when there were significant differences between the means, the Tukey pos-hoc for $p < 0.05$ and $p < 0.01$ was used (Tukey, 1960).

For the statistical processing the STATISTICA professional statistical package, version 8.4 for Windows was used (StatSoft, 2008).

RESULTS AND DISCUSSION

The majority of yield components showed significant differences among treatments, in both crop cycles, except in the grains mass (Table 1). The spike length did not decrease under the Heatwave treatment. A Similar response was observed for spike mass. The number of full grains per spike showed a significant reduction among treatments. The Heatwave treatment presented a 10.1% of affectation with respect to the Control treatment.

One of the first reports of a heatwave effect in wheat was done by Wheeler et al., (1996) where full grain number decreased by 20% when the crop experienced a heatwave of $1.5^{\circ}C$ with respect to environmental canopy temperature immediately before anthesis. However, for CIRNO C2008 in our study the affectation percentage did not exceed 12%. It has been also found that the vein grain number of wheat can significantly increase to 5 vain grains per spike when temperature during mid-anthesis increases by $2^{\circ}C$ during 10 days (Yang et al., 2017).

Table 1. Grain yield components comparison in established treatments during 2016-2017 and 2018-2019 crop cycles. [(SL: panicle length (cm); SM: spike mass (g); FG/S: full grains per spikes; VG/S: vain grains by spike; MTG: mass of one thousand grains (g)].

Treatments	Grain yield components (2016-2017 crop cycle)				
	SL (cm)	SM (g)	FG/S	VG/S	MTG (g)
Control	7,61±0,02*	5,95±0.07*	51,00±0,3**	3,74±0,31**	53,2±0,7 ^{ns}
Heatwave	7,33±0,01	5,72±0,02	45.88±0,2	9,35±0,8	53,4±1,2
Treatments	Grain yield components (2018-2019 crop cycle)				
	SL (cm)	SM (g)	FG/S	VG/S	MTG (g)
Control	6,9±0,4 ^{ns}	5,4±0,32**	53,12±0,9**	2,3±0,9**	53,04±0,6 ^{ns}
Heat wave	6,52±0,1	4,81±0,04	45,33±0,6	10,00±0,9	53,1±1,5

* and ** represent differences for $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively. ns: non-significant.

In the present study, vain grains increased in the Heatwave treatment to 9.35 and 10.00 respectively for the 2016-17 and 2018-19 cropping cycles (Table 1). In agreement with Dwivedi et al. (2017), the higher effects of heat stress on grain yield in wheat, in general, is a reduction in the number of full grains, and also to an increase in vain grains and not due to their individual grain mass decrease. In our study the largest presence of vain grains, in both crop cycles, was obtained at the distal part (Figure 1).

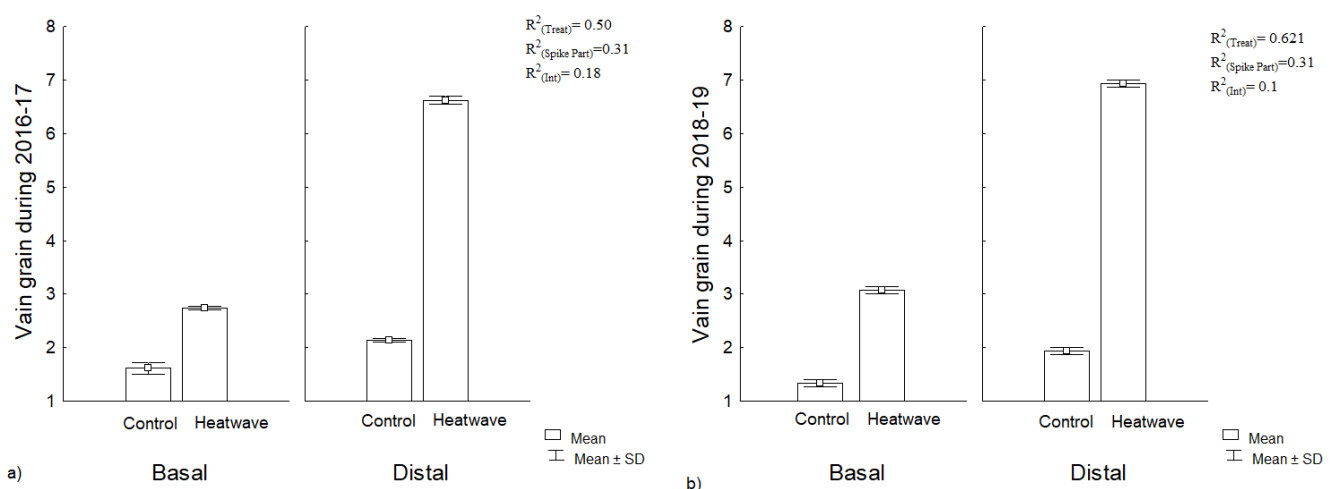


Figure 1. Vain grains number at the basal and distal part of the spikes in Warming, Heatwave and Control treatments during a) 2016-2017 and b) 2018-2019 crop cycles. Rectangular bars represent the standard deviation of mean. $R^2_{(Treat),(Spike Part),(Int)}$: Determination coefficient without adjust for treatments, spike part, and interaction Treatment-Spike part, respectively. SD: Standard deviation from the means.

In both crop cycles, the total variability found in the number of vain grains in the basal and distal parts of the spike, it was explained in more than 50% due to the heatwave effect, while the spike part contributed in a 31%. There was a significant interaction between the treatments and the spike part both crop cycles, although in 2016-17 the interaction was highly significant. These results show that heat causes an increase in the number of vain grains in the distal spikelets in wheat, with a greater effect when the heat comes in a form of a heat wave. Garatuza et al. (2018) found that when a Warming treatment was applied during all crop cycle the total variability of vain grain was explained a 43% by Warming, this response maybe took place due to plant adaptation to heat during growth, activating some physiological and biochemical mechanisms (Argentel et al., 2019), then, a heatwave may cause more reductions in the number of vain grains than a warming during all crop cycle. According to IPCC predictions for northwestern Mexico, maybe significant heatwaves events will also take place in Yaqui Valley which may cause a significant reduction on wheat performance.

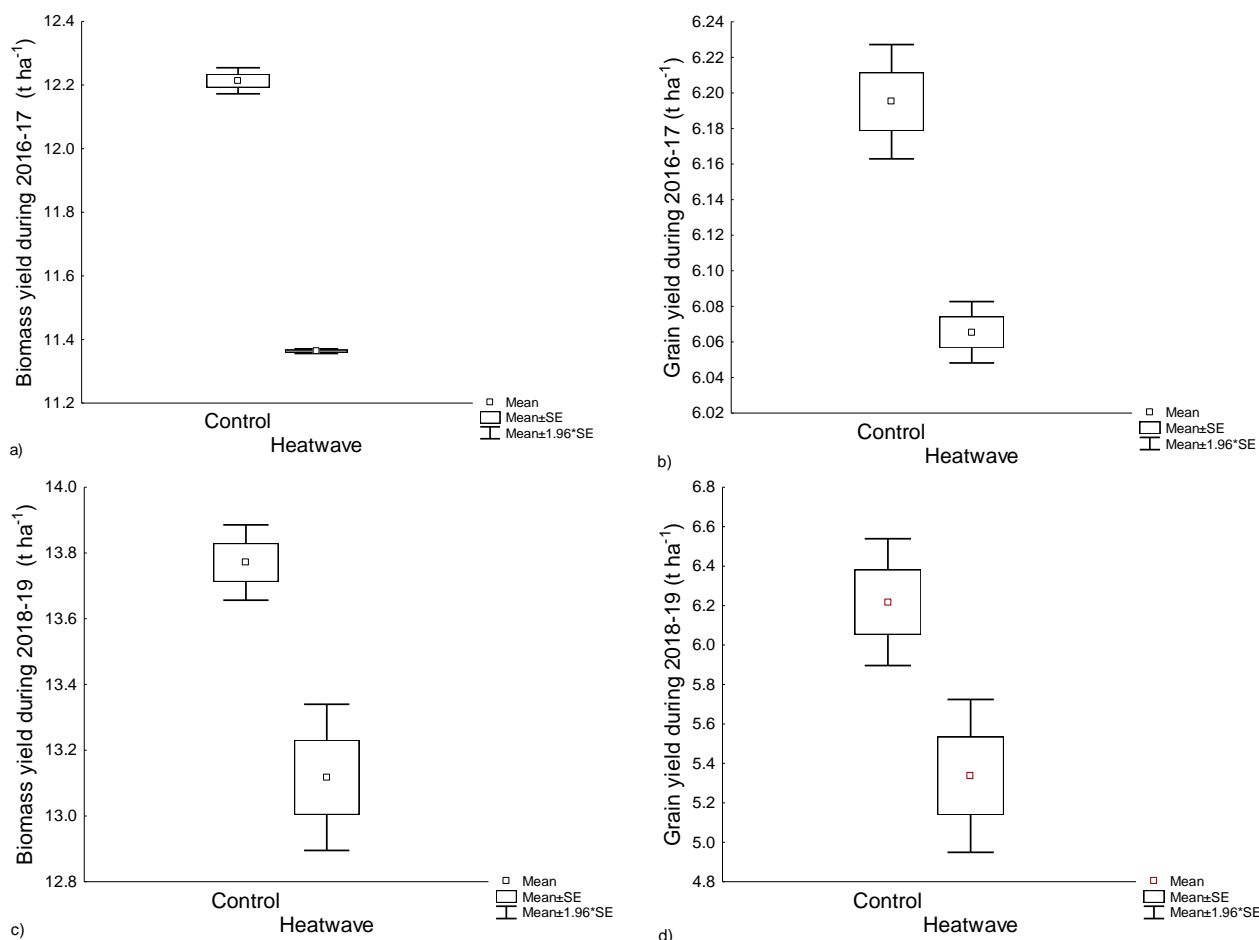


Figure 2. Biomass (a;c) and grain yield (b;d) in treatments during a) 2016-17 and b) 2018-19 crop cycles. SE: Standard error.

In contrast to the other yield components, the grain mass did not vary statistically between the heat treatments in the present study (Table 1). This result indicates the ability of CIRNO C2008, to support seed filling even under higher temperatures, by means of a heatwave during the heading phenophase.

Biomass and grain yield, showed a significant decrease on Heatwave with respect to the Control treatment and the largest reduction was obtained when warming occurred over the whole cropping cycle (Figure 2).

The heatwave affected biomass yield more than grain yield, resulting on a yield reduction of 6.9% and 2.1% respectively during 2016-17, while during 2018-19 crop cycle the reductions were in the order of 6.8 % and 6.5%.

CONCLUSIONS

The occurrence of a heat wave during the heading phenophase increases the number of vain grains at the spike, averaging 9 vain grains during the two experimental crop cycles. The major presence of vain grains was found at the distal part of the spike.

A heat wave during heading phenophase caused a significant affectation on biomass and grain yield of 7% and 4 %, respectively.

REFERENCES

- Argentel-Martínez L et al. (2019). Water regime and osmotic adjustment under warming conditions on wheat in the Yaqui Valley, Mexico. *Peerj*, 7: e7029.
- Argentel ML et al. (2018). Physiological and Agronomic Traits of Hard Wheat Cirno Variety C2008 Confirm its Genetic Stability. *Agrociencia*, 52: 419-435.
- Arshad M et al. (2017). Climate variability and yield risk in South Asia's rice–wheat systems: emerging evidence from Pakistan. *Paddy and Water Environ*, 15: 249-261.
- Asseng S et al. (2017). Hot spots of wheat yield decline with rising temperatures. *Glob. Change Biology*, 23:2464-2472.
- Cavazos T et al. (2012). Downscaled Climate Change Scenarios for Baja California and the North American Monsoon during the Twenty-First Century. *J. of Climate*, 25: 5904-5915.
- Dwivedi SK et al. (2017). Heat stress induced impairment of starch mobilisation regulates pollen viability and grain yield in wheat: Study in Eastern Indo-Gangetic Plains. *Field Crops Res*, 206: 106-114.
- Figuroa P et al. (2010). CIRNO C-2008, nueva variedad de trigo cristalino con alto rendimiento potencial para el estado de Sonora. *Rev. Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1:739-744
- Fisher RA (1937). *The Design of Experiments*. Edinburgh; London: Oliver and Boyd.

- Garatuza-Payan J et al. (2018). Initial response of phenology and yield components of wheat (*Triticum durum* L., CIRNO C2008) under experimental warming field conditions in the Yaqui Valley. PeerJ 6: e5064.
- Gosset E (1917). Another differences calculus based on standard deviation and confidence interval. Statistical References, 26: 66-72
- Gouache D et al. (2017). Bridging the gap between ideotype and genotype: Challenges and prospects for modelling as exemplified by the case of adapting wheat (*Triticum aestivum* L.) phenology to climate change in France. Field Crops Research, 202: 108-121.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Climate Change 2014—Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects. Cambridge University Press.
- Jaiswal B et al. (2017). Study of Yield and Yield Components of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes at Grain Filling Stage under Heat Regimes. Indian Journal of Pure & Applied Biosciences, 5: 331-340.
- Kimball BA (2015). Using canopy resistance for infrared heater control when warming open-field plots. Agronomy journal, 107: 1105-1112.
- Lares-Orozco MF et al. (2016). Global warming potential of intensive wheat production in the Yaqui Valley, Mexico: a resource for the design of localized mitigation strategies. Journal of Cleaner Production, 127: 522-532.
- Navarro-Estupiñan J et al. (2018). Observed trends and future projections of extreme heat events in Sonora, Mexico. International Journal of Climatology, 38: 5168-5181.
- Rezaei EE et al. (2015). Intensity of heat stress in winter wheat—phenology compensates for the adverse effect of global warming. Environmental Research Letters, 10: 024012.
- Siebert S et al. (2017). Heat stress is overestimated in climate impact studies for irrigated agriculture. Environmental Research Letters, 12: 054023.
- StatSoft (2008). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0. www.statsoft.com
- Stratonovitch P et al. (2015). Heat tolerance around flowering in wheat identified as a key trait for increased yield potential in Europe under climate change. Journal of Experimental Botany, 66: 3599-3609.
- Trnka M et al. (2017). Paper on model responses to selected adverse weather conditions. FACCE MACSUR Reports, 10: 1-2.
- Tukey JW (1960). A survey of sampling from contaminated distributions. In: Olkin I, ed. Contribution to Probability and Statistics: Essays in Honor to Harold Hotelling.
- Wheeler T et al. (1996). The duration and rate of grain growth, and harvest index, of wheat (*Triticum aestivum* L.) in response to temperature and CO₂. Journal of Experimental Botany, 47: 623–30.


Yang X et al. (2017). The impacts of increased heat stress events on wheat yield under climate change in China. *Climatic Change*, 140: 605-620.


Zampieri M et al. (2017). Wheat yield loss attributable to heat waves, drought and water excess at the global, national and subnational scales. *Environmental Research Letters*, 12:064008.

Análise multitemporal da cobertura vegetal no município de Paracambi – RJ

Recebido em: 03/05/2021

Aceito em: 05/05/2021

 10.46420/9786588319703cap9

Jéssica Ribeiro Cardoso Clímaco^{1*} 

Romilda Maria Alves Lemos¹ 

INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal do solo é qualquer vegetação, viva ou morta, que recobre a camada superficial do solo, ou o horizonte O, que é representado pela predominância de restos orgânicos. A cobertura vegetal desempenha diversos serviços ecossistêmicos para a manutenção e equilíbrio do meio ambiente, dentre eles, podemos destacar: proteção do solo, ciclagem de nutrientes, diminuição dos processos de erosão (devido à interceptação) e de escoamento superficial (devido ao aumento da porosidade e permeabilidade do solo e consequente aumento da infiltração, bem como da transpiração vegetal), além de servir de habitat, abrigo e alimentação para diversos animais.

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente, a cobertura vegetal, mais especificamente do bioma Mata Atlântica, vem sofrendo perdas consideráveis. Desmatamentos, queimadas irregulares, ampliação das áreas agricultáveis, poluição e degradação das matas ciliares envolvem as ações diretamente ligadas à perda da cobertura vegetal da Mata Atlântica. Apesar do bioma ser protegido pela Lei da Mata Atlântica, Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006 e também pela Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, isso não impede a sua degradação constante, sendo necessário adotar, cada dia mais, meios tecnológicos atuais para monitoramento e controle das irregularidades, bem como auxílio nas ações de conservação e proteção ambiental e de políticas públicas.

Já a vegetação ripária consiste naquela com proximidade dos cursos de água e nascentes que são fundamentais para o ciclo hidrológico servindo como um filtro natural para retenção de nutrientes e sedimentos, sem contar que são definidas, de acordo com o Código Florestal Brasileiro de 2012, como Áreas de Preservação Permanente.

Um grande aliado que vem sendo muito útil neste tipo de estudo é o Sensoriamento Remoto. O sensoriamento remoto, na sua linguagem mais usual, é o sistema que possibilita obter informações de forma remota, ou seja, a distância, sem necessidade de contato físico como objeto de estudo em questão.

¹ Instituição: Faculdade de Educação Tecnológica do Estado do Rio de Janeiro (FAETERJ-PBI).

* Autora correspondente: jessicaribeirocomum@hotmail.com

Os produtos de um SIG (Sistema de Informações Geográficas) podem ser mapas ambientais ou temáticos, gráficos, tabelas e até mesmo fotografias que traduzem as informações de um dado espaço em um tempo determinado. Pode compor diversas áreas de pesquisa, indo da cartografia, geologia, engenharia e sistemas de informação, tudo irá depender do objetivo da pesquisa e da técnica utilizada.

Este trabalho pretende efetuar a análise multitemporal, para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020, da cobertura vegetal do município de Paracambi-RJ, a fim de verificar possíveis mudanças na cobertura vegetal do município. Para esse trabalho iremos utilizar parte das ferramentas e produtos que compõem o sensoriamento remoto e o SIG (Sistema de Informações Geográficas), bem como imagens do satélite Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI.

REFERENCIAL TEÓRICO

Cobertura vegetal

Segundo Nucci et al. (1999) *apud* Luchiari (2001) a cobertura vegetal é qualquer área provida de vegetação dentro do espaço urbano, podendo ser vegetação herbácea, arbustiva e arbórea.

“Além de exercer papel essencial na manutenção do ciclo da água, protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, aumentando a porosidade e a permeabilidade do solo através da ação das raízes, reduzindo o escoamento superficial, mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica” (Beltrame, 1994).

Para Cicco et al. (1999), a vegetação ripária desempenha várias funções hidrológicas. Graças a ela ocorre a estabilização de ribanceiras do rio, pelo desenvolvimento e manutenção de um emaranhado radicular, evitando, com isto a erosão; funciona como tampão e filtro entre os terrenos mais altos e o ecossistema aquático, participando do controle do ciclo de nutrientes na bacia hidrográfica, através de ação tanto do escoamento superficial quanto da absorção de nutrientes do escoamento subsuperficial pela vegetação ciliar; atua na diminuição e filtragem do escoamento superficial impedindo ou dificultando o carreamento de sedimentos para o sistema aquático, contribuindo, dessa forma, para a manutenção da qualidade da água nas bacias hidrográficas; promove a integração com a superfície da água, proporcionando cobertura e alimentação para peixes e outros componentes da fauna aquática; através de suas copas, intercepta e absorve a radiação solar, contribuindo para a estabilidade térmica dos pequenos cursos d'água.

De acordo com o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) as áreas de APP (Área de Preservação Permanente) são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental 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 (Brasil, 2012). Para os cursos de águas naturais, por exemplo, a largura da APP vai de 30 m para rios com largura com menos de 10 metros até 500 m para rios com largura com mais de 600 metros (Figura 1).

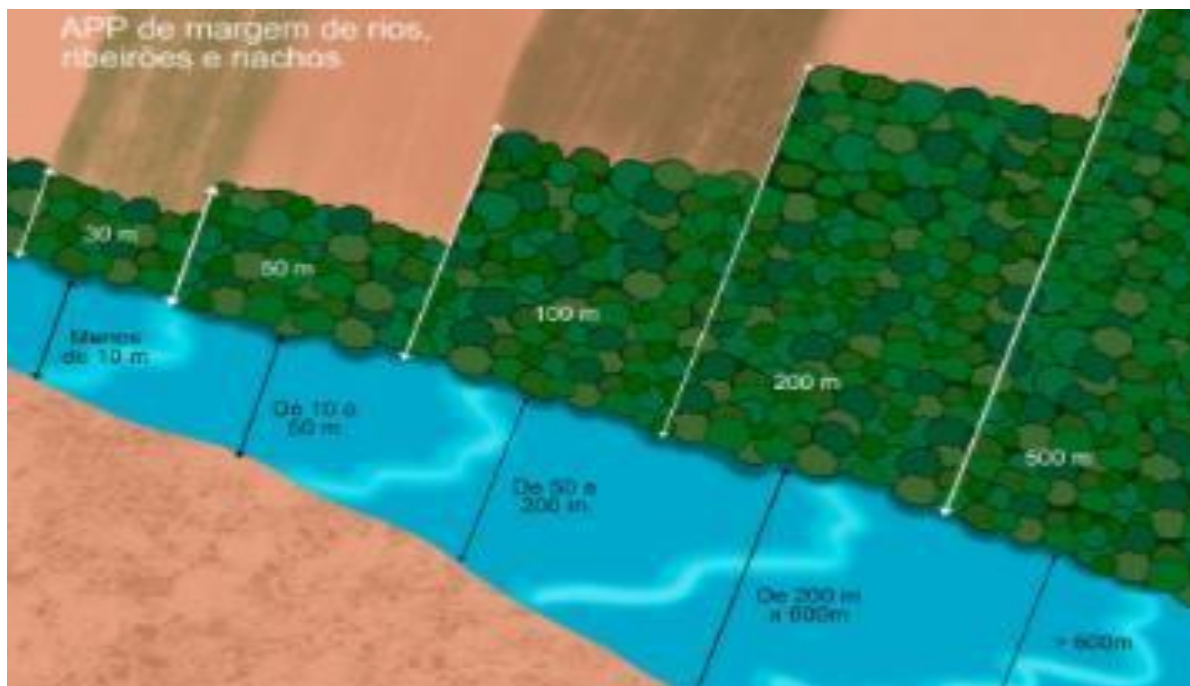


Figura 1. APP de rios. Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro.

Para Sopper (1975), a cobertura florestal promove a proteção contra a erosão dos solos, a sedimentação, a lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura da água, contribuindo, deste modo, para a mais elevada qualidade de água dos mananciais de abastecimento público.

A supressão da cobertura vegetal possibilita maior exposição do solo ao impacto das gotas de chuva e enxurradas, dessa forma contribuindo para modificar as condições físicas da superfície do solo, alterando a rugosidade superficial, porosidade e a taxa de infiltração de água (Albuquerque et al., 2002).

Dentre as formas mais comuns de degradação, destacam-se a perda da camada superficial (70%), a deformação do terreno (13%), a perda de nutrientes (6,9%) e a salinização (3,9) (Hernani et al., 2002).

Os municípios do Estado do Rio de Janeiro foram classificados segundo os Índices de Qualidade de Uso do Solo e da Cobertura Vegetal – IQUS, conforme tabela abaixo:

IQUS	Características
Rodeio	Maior percentual de pastagens; presença de pequenas manchas urbanas; pequena influência de formações originais e de áreas agrícolas
Rural	Maior percentual de formações originais e de áreas agrícolas; presença de áreas urbanas, degradadas e de vegetação secundária; quase nenhuma influência de pastagens
Nativo	Maiores áreas de formações originais e de pastagens; presença de vegetação secundária e áreas agrícolas; pouca influência das áreas urbanas e degradadas
Verde	Grandes áreas de formações originais e/ou de vegetação secundária; menores valores percentuais de áreas urbanas, agrícolas, de pastagem ou degradadas
Metrópole	Maior percentual de áreas urbanas

Figura 2. Tabela IQUS. Fonte: CIDE, 2008.

Paracambi, com base no levantamento de 1994, tinha sua área distribuída da seguinte maneira: 22% de floresta ombrófila densa, 17% de vegetação secundária e 48% de pastagens. Assim, o município se encaixava no cluster C1 - RODEIO/NATIVO, agrupamento com grandes áreas de pastagens e de vegetação secundária, com presença de áreas agrícolas e formações originais.

Já em 2001, ocorreu término de formações florestais e pioneiras, com aumento de vegetação secundária para 39% do território municipal. Houve, ainda, aumento de campo/pastagem para 51%. A área urbana cresceu de 1,9 para 4,4% e, a agrícola, de 2,4 para 4,8%. O segundo estudo classificou-o como pertencente ao cluster B2 – RODEIO/VERDE I, caracterizado por altos percentuais de campo/pastagem, média de 58% do território, e de vegetação secundária, ocupando área média de 35% (CIDE, 2008), contrariando todavia uma de suas diretrizes prevista pelo último Plano Diretor Municipal do mesmo ano, onde assegura o uso compatível do patrimônio ambiental com a proteção das áreas de conservação e preservação (PMP, 2006).

Segundo o Relatório Final do Mapa de cobertura vegetal nativa da Mata Atlântica, o bioma ocupava mais de 1,3 milhões de km², porém hoje só conta com cerca de 27% da sua cobertura vegetal (MMA, 2015). Rezende et al. (2018) indicaram que este bioma é considerado um dos 36 hotspots de biodiversidade do planeta, tendo importância ímpar para sociedades e ecossistemas.

Compreende-se, portanto, que analisar a densidade da cobertura vegetal, assim como, sua espacialidade, torna-se um importante mecanismo para estudos voltados para análise da degradação ambiental, gestão e planejamento dos recursos naturais, compreensão dos processos hidrológicos, diagnóstico do dinamismo no espaço agrário e entre outras finalidades (Melo, 2008).

Com Assad et al. (1998), podemos ver uma linha de pensamento semelhante:

O monitoramento da paisagem de uma dada região é fator primordial no planejamento racional de utilização da terra, face principalmente a velocidade de ocupação do espaço físico e ao pouco conhecimento dos recursos naturais nela existentes. Diante desse quadro, os produtos de sensoriamento remoto orbital tem sido importantes não só na aquisição primária de informações como no inventário e gerenciamento da paisagem agroflorestal em países de dimensões continentais, como o Brasil.

Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) correspondem às ferramentas computacionais de Geoprocessamento, que permitem a realização de “análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georeferenciados” (Câmara et al., 2005).

Burrough (1998) considera que estes sistemas não apresentam apenas a função de manipulação de dados geográficos, mas, dentro de um SIG, os dados estruturados representam um modelo do mundo real.

Os produtos extraídos pelos SIGs podem auxiliar no ordenamento territorial, indicando uma ocupação do espaço de forma racionalizada, além de buscar o desenvolvimento sustentável do território

(Medeiros et al., 2001) (Figura 3).

Finalidade	Objetivo	Área de aplicação
Projetos	Definição das características do projeto	Projeto de loteamentos
		Projeto de irrigação
Planejamento territorial	Delimitação de zoneamentos e estabelecimento de normas e diretrizes de uso	Elaboração de planos de manejo de unidades de conservação
		Elaboração de planos diretores municipais
Modelagem	Estudo de processos e comportamento	Modelagem de processos hidrológicos
Gerenciamento	Gestão de serviços e de recursos naturais	Gerenciamento de serviços de utilidade pública
		Gerenciamento costeiro
Banco de Dados	Armazenamento e recuperação de dados	Cadastro urbano e rural
Avaliação de riscos e potenciais	Identificação de locais susceptíveis à ocorrência de um determinado evento ou fenômeno	Elaboração de mapas de risco
		Elaboração de mapas de potencial
Monitoramento	Acompanhamento da evolução dos fenômenos através da comparação de mapeamentos sucessivos no tempo	Monitoramento da cobertura florestal
		Monitoramento da expansão urbana
Logístico	Identificação de pontos e rotas	Definição da melhor rota
		Identificação de locais para implantação de atividades econômicas


```

graph LR
    MR[Mundo Real] --> UR[Universo de Representação]
    UR --> UI[Universo de Implementação]
    UM[Universo Matemático] --> UR
    UM --> UI
    
```

Figura 3. Produtos de um SIG. Fonte: Adaptado de Câmara et al. (2005).

Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento remoto pode ser entendido como o conjunto de procedimentos que permite a obtenção de informações de objetos que compõem a superfície terrestre sem que haja contato entre o sensor e o objeto (Meneses et al., 2012)

De acordo com Blaschke (2010), a partir dos dados obtidos com os sensores dos satélites remotos é possível obter bons resultados nos estudos em diferentes aplicações e área de cobertura terrestre como os estudos regionais e globais de biodiversidade, conservação da natureza, impactos de desmatamentos e desertificação.

Outra característica dessa ferramenta é o fato de poder manipular valores de respostas espectrais, que permite a obtenção de índices de vegetação que podem ser comparados como indicadores ecológicos da estrutura e funcionamento das florestas. Imagens resultantes do processamento digital que levam em conta estes índices facilitam a identificação das diferentes comunidades vegetais (Vicens et al., 1998).

Barbosa et al. (2009) estudaram a evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solos do município de Lagoa Seca- PB. O estudo baseou-se em fotos aéreas de 1984 e imagens do Landsat TM3, TM4 e TM5 de 1989, aliadas a levantamentos através de sistema de posicionamento global (GPS). Identificaram sete fisionomias diferenciadas de cobertura vegetal e uso agrícola.

Sá et al. (2010) analisaram a cobertura vegetal de parte da região do Araripe Pernambucano com emprego do uso de imagens digitais do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite LANDSAT 5, datadas

de 21/09/2008. Estabeleceram oito classes de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, que indica o vigor da vegetação) e de cobertura vegetal uso da terra. Afirmam que o mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra na região do Araripe pernambucano constitui ferramenta bastante útil para o planejamento do espaço territorial da região da chapada do Araripe.

NDVI - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada

Índice de diferença normalizada de vegetação ou Normalize Difference Vegetation Index (NDVI), envolve a diferença e a soma entre as bandas na região do comprimento de ondado infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (RED).

$$\text{NDVI} = \text{NIR-RED} / \text{NIR+RED}$$

Os valores do índice variam de -1 a +1, onde geralmente +1 equivale a áreas de densa vegetação, valores negativos às áreas com total ausência de vegetação (água) e valores que se aproximam de zero a solos expostos (SPUGeo, 2020).

Segundo Shimabukuro (1998), o NDVI é muito utilizado na estimação de biomassa, na estimação de cobertura vegetal e na detecção de mudanças de padrão de uso e cobertura da terra.

OBJETIVOS

Objetivo geral

-Efetuar a análise multitemporal da cobertura vegetal no município de Paracambi-RJ para os anos de 1990/ 2000/ 2010 e 2020.

Objetivos específicos

- Aplicar o Índice de Vegetação Normalizada (NDVI) nas imagens de satélites, afim de verificar o percentual de cobertura vegetal;
- Produzir mapas ambientais temáticos da vegetação que reflitam as possíveis mudanças na cobertura vegetal do município;
- Efetuar comparação entre os mapas ambientais gerados;

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O município de Paracambi fica localizado na região noroeste da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), onde está totalmente inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, sendo um dos municípios que participa do Plano Estratégico de Recursos Hídricos (PERH Guandu). (Figura 5).

Geografia da cidade: Localiza-se a 22° 36' 39" de latitude sul e 43°42'33" de longitude oeste, a uma

altitude de 50 metros. (Figura 4).

O município representa 12,8% de toda área da Bacia, a qual tem sua grande importância por ser responsável pelo abastecimento de 80% da água da RMRJ (Alves et al., 2007).



Figura 4. Limite Municipal da cidade de Paracambi. Fonte: Prefeitura Municipal de Paracambi.

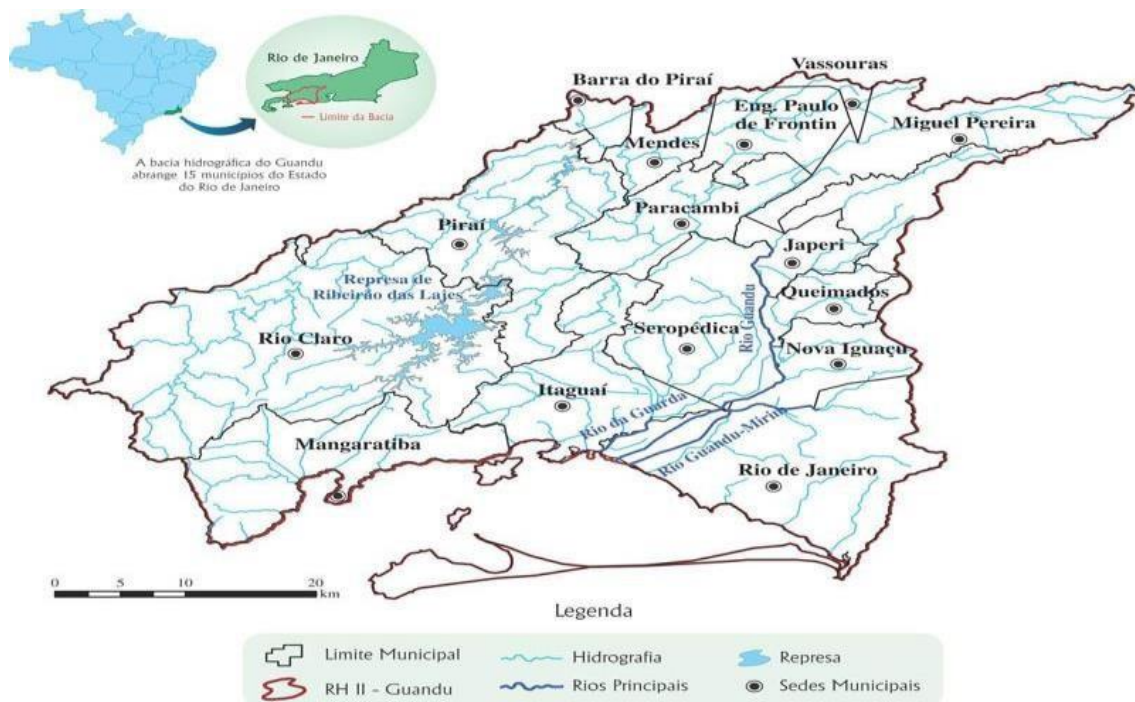


Figura 5. Bacia Hidrográfica do Guandu. Fonte: Comitê Guandu, 2014.

Segundo o IBGE, no Censo Demográfico de 2010 o município possuía 47.124 habitantes e

população estimada para o ano de 2020 de 52.683 habitantes, com uma área territorial de 190,949 km² e densidade demográfica de 262,27 hab/km² (IBGE, 2020).

Sua vegetação é caracterizada como Floresta Ombrófila Densa conhecida também por floresta pluvial tropical. O termo Floresta Ombrófila Densa, criado por Ellenberg e Mueller-Dombois (1967), substitui Pluvial (de origem latina) por Ombrófila (de origem grega), ambos com o mesmo significado “amigo das chuvas”.

Este tipo de vegetação é caracterizado por fanerófitos - subformas de vida macro e mesofanerófitos, além de lianas lenhosas e epífitas em abundância, que o diferenciam das outras classes de formações. Porém, sua característica ecológica principal reside nos ambientes ombrófilos que marcam muito a “região florística florestal”. Assim, a característica ombrotérmica da Floresta Ombrófila Densa está presa a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e de alta precipitação, bem-distribuída durante o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco (IBGE, 2012).

A temperatura média anual em Paracambi varia entre 20 a 27°C, sendo que a média das mínimas está entre 15 e 23°C e a média das máximas entre 26° e 32°C (Sondotécnica; Ana, 2006.)

O tipo de solo de Paracambi, caracterizam em sua maioria pelos Latossolos Vermelhos-Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos. Os Latossolos são constituídos por material mineral, enquanto que os Argissolos constituem-se de horizonte B textural, com argila de atividade baixa, ou atividade alta dependente do tipo de saturação (EMBRAPA, 2018).

É importante dizer que em termos de proteção ambiental, o município também conta com o Parque Natural Municipal do Curió (PNMC), criado através do decreto municipal N° 1001, de 29 de Janeiro de 2002, definido como Unidade de Proteção Integral, (SNUC, 2000), com área total de 1100 ha. Entretanto em 30 de abril de 2009 foi criada uma lei municipal N° 921/2009 onde a área de abrangência do Parque foi reduzida a 913,961 ha.

Diante disso, em Espíndola, temos:

“A cobertura vegetal apresenta-se como um mosaico de ecounidades que contém diferentes formas de vida em diversos estádios sucessionais. De uma forma geral, a floresta apresenta bom estado de conservação, a despeito de práticas agrícolas primitivas em alguns trechos. A existência, nos trechos mais preservados, de grandes indivíduos arbóreos, serrapilheira abundante e grande quantidade de espécies zoocóricas indica um estágio sucessional avançado. Essa área representa o melhor remanescente florestal do município de Paracambi e, segundo relatos de antigos moradores do município de Paracambi, na década de 40 foi feito um grande reflorestamento na região que, anteriormente, havia sido destruída por plantios de café. De acordo com o atual estágio de regeneração em que a mata se encontra, seria interessante conservar a área com uma unidade de Proteção Integral, sendo as possíveis intervenções determinadas e limitadas pelo Plano de Manejo. A partir disso foi criado o Parque Municipal Natural do Curió de Paracambi.” (Espíndola, 2006).

MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais utilizados foram:

- Imagens dos satélites Landsat 5- TM e Landsat 8- OLI em formato TIF, obtidas gratuitamente através do site da USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) , uma vez que esse site já vem com correções atmosféricas e também georreferenciadas no Sistema de Referência WGS-84, em 4cenas na órbita 217/ponto 76, com o mínimo de cobertura de nuvem, usado como critério de seleção, e resolução espacial de 30 metros. Foi dado preferência para coleta de imagens em período chuvoso, uma vez que obtemos os melhores resultados para o índice escolhido (Tabela1).

Tabela 1. Dados e características das imagens obtidas. Fonte: Própria autora.

Data da Imagem	Horário	Satélite	Sensor	Resolução Espacial	Órbita/Ponto	Bandas Utilizadas
12/03/1990	12:12:38	Landsat 5	TM	30 metros	217/76	1, 2, 3 e 4
14/08/2000	12:29:36	Landsat 5	TM	30 metros	217/76	1, 2, 3 e 4
09/07/2010	12:42:32	Landsat 5	TM	30 metros	217/76	1, 2, 3 e 4
02/06/2020	12:51:30	Landsat 8	OLI	30 metros	217/76	2, 3, 4 e 5

- Base Cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019) para recorte da imagem dentro do limite municipal de Paracambi- RJ e do Estado do Rio de Janeiro.

- Base Cartográfica do Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2013) para limite da Região Hidrográfica II do Guandu.

- Software Livre QGIS, versão 2.18 utilizado para recorte, reprojeção, composição colorida das imagens, cálculo de área, aplicação do NDVI e geração dos mapas;

METODOLOGIA APLICADA

Os métodos utilizados seguiram as seguintes etapas;

Recorte das imagens

O recorte das imagens é importante uma vez que se tem a análise espacial da área de estudos. O enfoque da análise espacial é mensurar propriedades e fenômenos sociais ou naturais, considerando a sua localização espacial de forma explícita, assim como também a sua distribuição dentro de uma determinada região. Se o usuário deseja espacializar tal fenômeno, então será feita uma análise espacial (Câmara et al., 2004).

O recorte das imagens se deu no Software Qgis 2.18 utilizando a ferramenta Raster, em seguida Recorte, escolheu-se a Base Cartográfica do IBGE como camada máscara para obtenção das imagens

referentes ao limite municipal.

Reprojeção das Imagens

As imagens de satélites obtidas através do site USGS vem configuradas com o SRC (Sistema de Referência de Coordenadas) WGS-84 de acordo com o padrão internacional. Para nossa área de estudos é necessário adotar um SRC que reflita a localização e os padrões brasileiros estabelecidos pela resolução do IBGE N°1/2005 de 25/02/2005.

A Reprojeção se deu no Software Qgis 2.18 utilizando a ferramenta Raster e em seguida Reprojeções, escolheu-se o SRC SIRGAS 2000 UTM Zone 23S, referente a área de estudos.

Composição Colorida

Para entender o processo de Composição Colorida é preciso entender o conceito de resolução espectral. A resolução espectral é uma medida do número e do tamanho do intervalo do comprimento de onda (denominado de bandas) no espectro eletromagnético ao qual o sensor é sensível (Jensen, 2011).

O sistema RGB está fundamentado na visão humana, que é sensível aos comprimentos de ondas das radiações eletromagnéticas na região do visível. Em PDI (Processamento Digital de Imagem) adiciona-se bandas de sensores multiespectrais nos canais do vermelho, verde e azul, com base na característica espectral de cada banda afim de realçar diferentes alvos na superfície terrestre (Meneses et al., 2012). Segundo Ponzoni (2002), tal conhecimento permite identificar os diversos padrões de resposta adotados pela vegetação em cada tipo de produto do sensoriamento remoto.

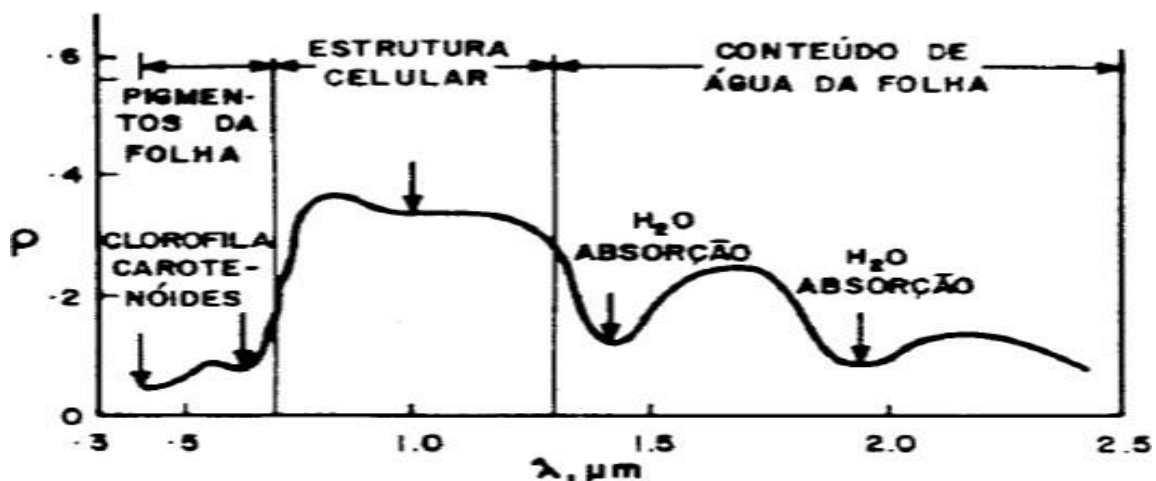


Figura 6. Curva de reflectância típica de uma folha verde. Fonte: Novo (1989).

A vegetação, em termos de reflectância, se comporta de três maneiras distintas, ao receber a radiação eletromagnética. Como podemos verificar na figura 6, na região do visível, compreendida entre 400 nm a 700 nm, os pigmentos da folha interagem com a energia radiante, por absorção e espalhamento. Essa energia é utilizada pelas plantas para efetuar o seu processo fotoquímico, logo a energia refletida é

muito baixa. Para a região do infravermelho próximo (700 nm a 1300 nm) a reflectância da folha aumenta devido ao baixo teor de absorção desse tipo de radiação e a última banda do espectro a considerar é a banda do infravermelho médio (1300 nm a 2600 nm), nesta banda ocorre a absorção de água pelas plantas, ocorrendo uma certa interação com a energia incidente nos pontos de absorção (1100 nm, 1450 nm, 1950 nm, 2700 nm e 6300 nm). Com essas três bandas o interprete constrói uma composição colorida, reunindo em uma única imagem toda a informação (Menseses et al., 2012)

Portanto, a composição colorida é a junção das bandas espectrais de interesse a fim de analisar a resposta eletromagnética de cada objeto de estudo.

A composição colorida se deu no Software Qgis 2.18, utilizando as bandas 3, 2,1 (RGB) e a banda 4 (NIR) nesta ordem para as imagens do satélite Landsat 5-TM. Já para as imagens adquiridas do satélite Landsat 8- OLI, a composição colorida se deu através das bandas 4,3,2(RGB) e a banda 5 (NIR) nesta ordem.

As ferramentas do Software usadas foram: Miscelânea, a seguir Mosaico. Foi escolhido nenhum valor de dados e a opção de colocar cada arquivo de entrada em uma banda separada.

NDVI

Para aplicação do NDVI, foi utilizado as bandas 3 e 4 das imagens do satélite Landsat 5- TM e as bandas 4 e 5 das imagens do satélite Landsat 8- OLI, respeitando assim a individualidade de cada satélite, ambos com resolução espacial de 30 metros.

Após gerar o NDVI, foi efetuado a sua reclassificação em 4 classes: Ausência de vegetação, Solo exposto, Vegetação em crescimento e Vegetação densa, considerando a realidade do município (tabela 2).

Tabela 2. Classes da reclassificação do NDVI. Fonte: Adaptado de FIOCRUZ (2009).

Classes	NDVI (Mínimo)	NDVI (Máximo)
Cursos d'água	-1.0	0.2
Solo exposto	0.2	0.5
Vegetação em crescimento	0.5	0.7
Vegetação densa	0.7	1.0

Foi possível ainda, verificar a área que representa cada classe de acordo com o ano de observação, através do relatório gerado a partir da obtenção do NDVI.

Geração dos mapas ambientais

Os mapas foram gerados no software Qgis versão 2.18, afim de adquirir uma apresentação visual

de fácil entendimento. Um mapa é uma representação bidimensional e em escala de uma dada região da superfície terrestre. Eles podem ser classificados em duas categorias: Os mapas gerais, tais como as cartas topográficas, em que o principal foco são a localização espacial e os mapas temáticos, que por sua vez, são a representação de uma dada região da superfície terrestre feita a partir de uma perspectiva ou tema, podendo variar entre indicadores naturais, sociais, antropológicos, entre outros.

O presente estudo entende que os mapas aqui gerados são de categoria temática, com o intuito de fornecer a representação do município de Paracambi em termos de cobertura vegetal após a aplicação do NDVI.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição colorida multitemporal 1990, 2000, 2010 e 2020

Após a aplicação da técnica de composição colorida no software Qgis, foi possível verificar as mudanças na cobertura vegetal do município de Paracambi, para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. (Figura 7, 8, 9 e 10).

É possível verificar, a partir de uma análise visual a “grosso modo” (devido as limitações de resolução da imagem e componentes da própria imagem, o pixel) uma perda das áreas com cobertura vegetal entre os anos de 1990 e 2000 (Figura 7 e 8). Essa perda se dá, provavelmente, devido ao processo histórico de expansão e urbanização da cidade que cresceu em torno de seu centro e se expandiu ao longo das rodovias e cursos d’água que cortam o município, indo de encontro com os dados obtidos pelo levantamento IQUS 2001.

Em 2010 ocorre um aumento singular das áreas de vegetação em detrimento das porções de áreas urbanizadas na parte leste do município (Figura 9). Esse processo pode ser reflexo das políticas e legislações ambientais criadas a partir do ano de 2000, como por exemplo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC, 2000) onde foi possível assegurar a proteção e preservação das áreas verdes.

Já para o ano de 2020 (Figura 10) percebe-se um aumento considerável das áreas com vegetação por todo o município e diminuição drástica da expansão urbana, obtendo assim a confirmação de um processo de regeneração natural da vegetação antes suprimida, além de ser notório um resultado positivo das políticas públicas ambientais conservacionistas, como reflorestamentos realizados pela PCH Paracambi nas margens do Rio Guandu, Projeto de Conservação da Mata Atlântica de Paracambi, efetuado através de uma parceria com a Prefeitura de Paracambi, a ONG Onda Verde e a Petrobras, além de aumento das ações de fiscalização, com o aumento do efetivo da Guarda Ambiental de Paracambi em 2018, prevista na Lei do ICMS Ecológico (Lei estadual nº 5.100, de 4 de Outubro de 2007).

A análise da composição colorida efetuada foi importante para visualizar os aspectos que compõem a dinâmica territorial e vegetativa do município ao longo do tempo.



Figura 7. Composição colorida 1990, Paracambi- RJ. Fonte: Própria autora.



Figura 8. Composição colorida 2000, Paracambi- RJ. Fonte: Própria autora.



Figura 9. Composição colorida 2010, Paracambi- RJ. Fonte: Própria autora.



Figura 10. Composição colorida 2020, Paracambi- RJ. Fonte: Própria autora.

Mapas ambientais da cobertura vegetal com NDVI

Foi realizado a aplicação da fórmula do NDVI e em seguida gerado Mapas Ambientais temáticos da Cobertura Vegetal para os anos 1990, 2000, 2010 e 2020, para a área do município de Paracambi- RJ. Após a geração dos mapas foi possível obter o relatório com os tamanhos das respectivas áreas referente a cada classe. (tabela 3). É importante ressaltar também, que, para uma melhor acurácia dos resultados e mínimo de erro, foi dado preferência a utilização do mesmo tipo de satélite (Landsat 5 e 8) bem como sua resolução (30 metros).

Tabela 3. Classes em km². Fonte: Própria autora.

Classes	Representação das classes em km ²			
	Ano			
	1990	2000	2010	2020
Cursos d'água	0.85	1.31	0.95	2.16
Solo exposto	14.55	58.35	44.04	14.96
Vegetação em crescimento	80.75	70.95	78.93	55.20
Vegetação densa	94.71	60.26	66.96	118.60

Mapa da cobertura vegetal NDVI 1990

Para o ano de 1990, a cobertura vegetal densa do município era de 94,71 km², enquanto que a em crescimento era de 80,75 km². Possuía uma área de 14,55 km² de solo exposto e 0,85 km² de cursos d' água, de um total de 190 km² aproximadamente de área do município. O percentual de cobertura vegetal total foi acima de 92% para este ano.

No mapa (Figura 11) é possível verificar a presença de solo exposto nas áreas de APP do Rio Guandu (Solo exposto em vermelho), na região onde fica localizado o centro da cidade e também nas proximidades dos bairros Guarajuba e Lages, demonstrando o detrimento da cobertura vegetal por áreas de construções ao longo das margens do rio e da rodovia RJ-127.

MAPA COBERTURA VEGETAL COM NDVI 1990/ PARACAMBI-RJ

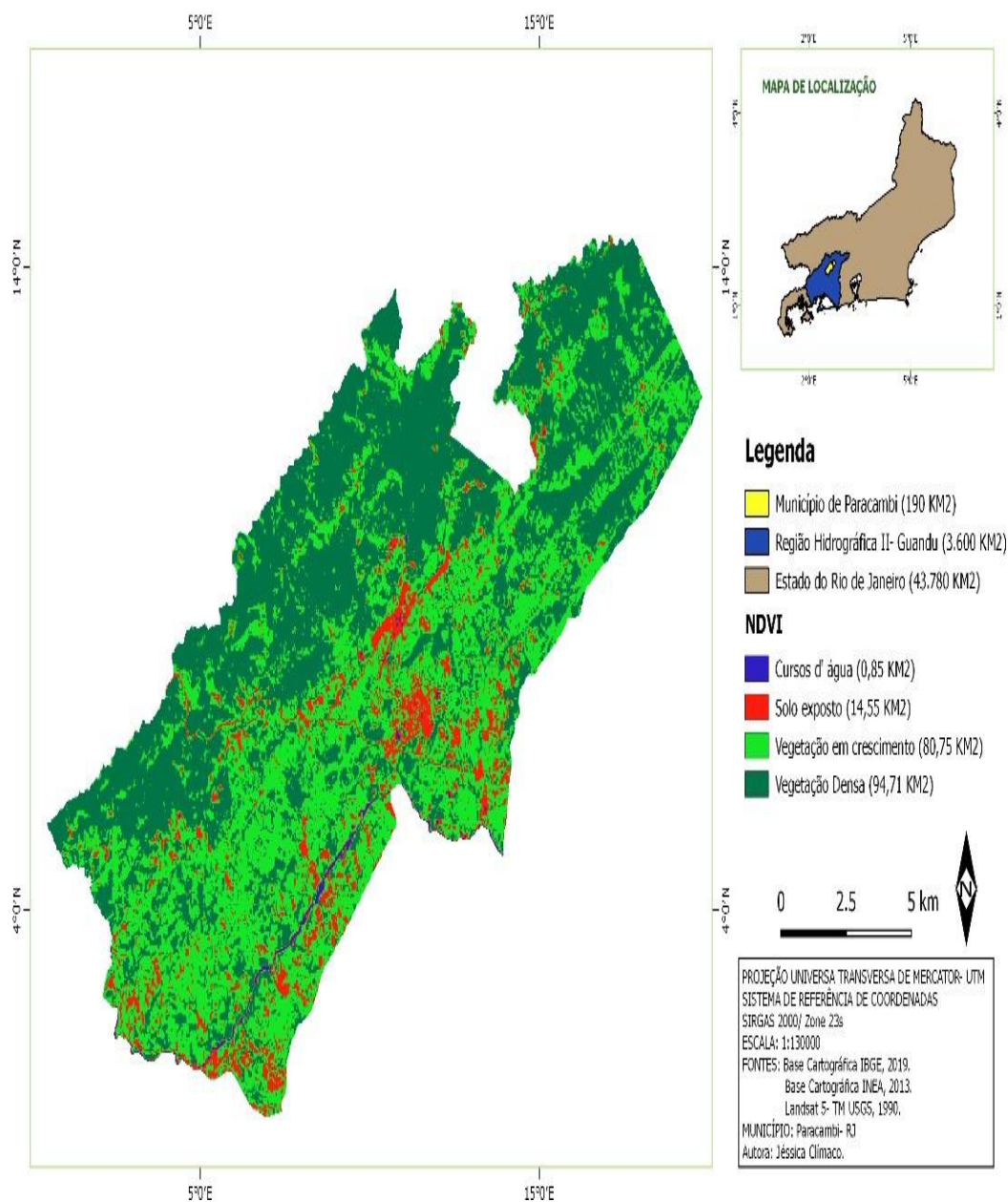


Figura 11. Mapa da Cobertura Vegetal 1990/ Paracambi-RJ. Fonte: Própria autora.

Mapa da Cobertura Vegetal NDVI 2000

Para o ano de 2000 (Figura 12), é possível verificar um aumento considerável da classe de solo exposto com 58.35km² de área, enquanto que a vegetação decresce, sendo vegetação densa para este ano de 60.26km² e vegetação em crescimento 70.95km². Para os cursos d' água ocorre um pequeno aumento chegando à 1,31km². Para este ano, o percentual total da cobertura vegetal é de 69.0% aproximadamente, tendo uma queda devido ao crescimento urbano por todo o município, sendo intensificado nas proximidades da rodovia RJ-127, linha férrea e margens do Rio Guandu, além da zona de amortecimento do PNMC, acredita-se que esse cenário foi devido a mudança socioeconômica ocorrida na cidade, com o

fechamento da Companhia TêxtilBrasil Industrial na década de 90, confirmando o que foi analisado no método de composição colorida, e também ao início do processo de loteamentos urbanos.

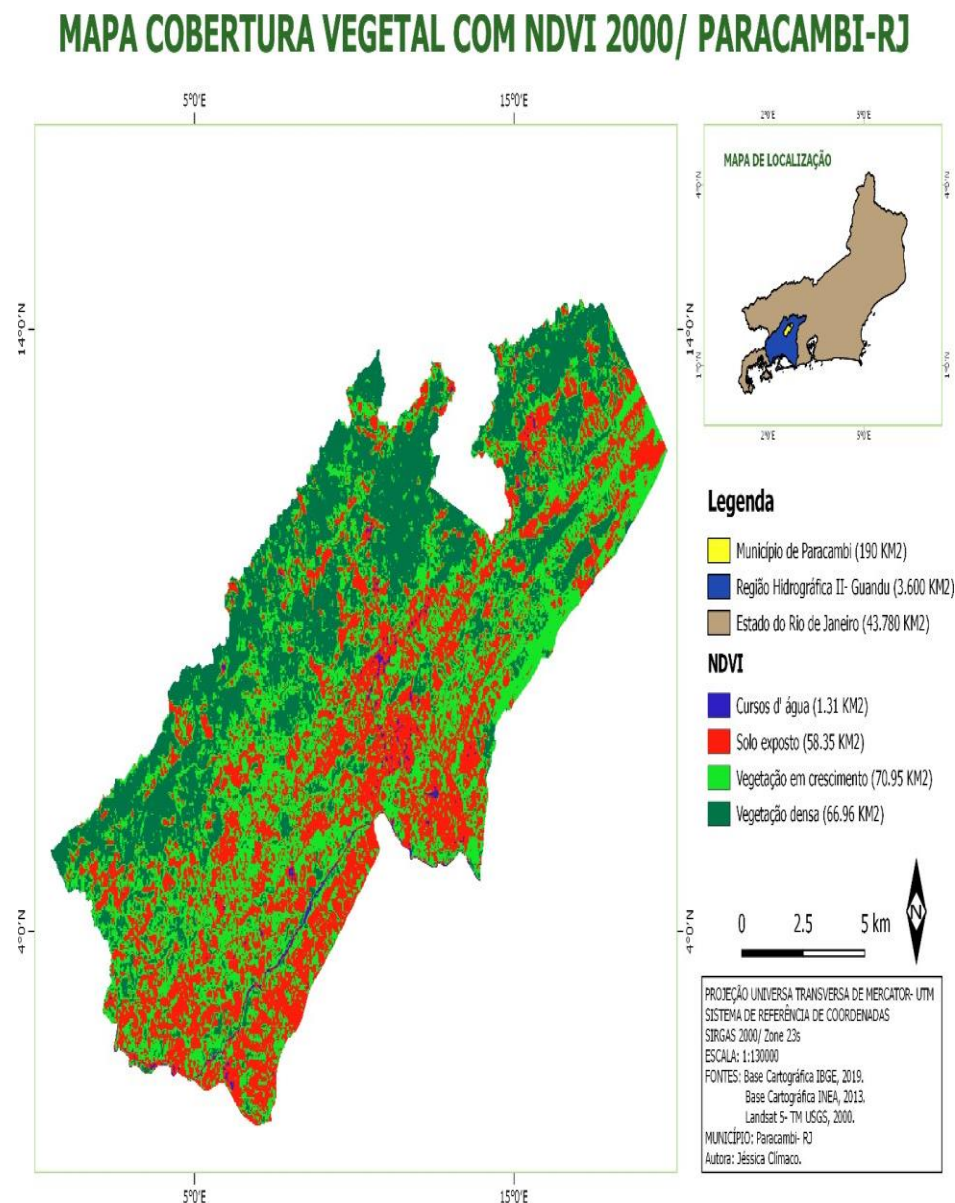


Figura 12. Mapa da Cobertura Vegetal 2000/ Paracambi-RJ. Fonte: Própria autora.

Mapa da cobertura vegetal NDVI 2010

Em 2010 (Figura 13) ocorre um pequeno aumento das áreas de vegetação densa chegando à 66.96km² e vegetação em crescimento com 78.93km². Para este ano o percentual da cobertura vegetal total foi de 76% da área total do município. Esse aumento é reflexo da criação do PNMC em 2002, importante marco para a preservação das áreas verdes municipal, e também devido a concentração urbana nas áreas do centro da cidade, permitindo assim o início de uma regeneração da vegetação nas outras áreas (norte).

MAPA COBERTURA VEGETAL COM NDVI 2010/ PARACAMBI-RJ

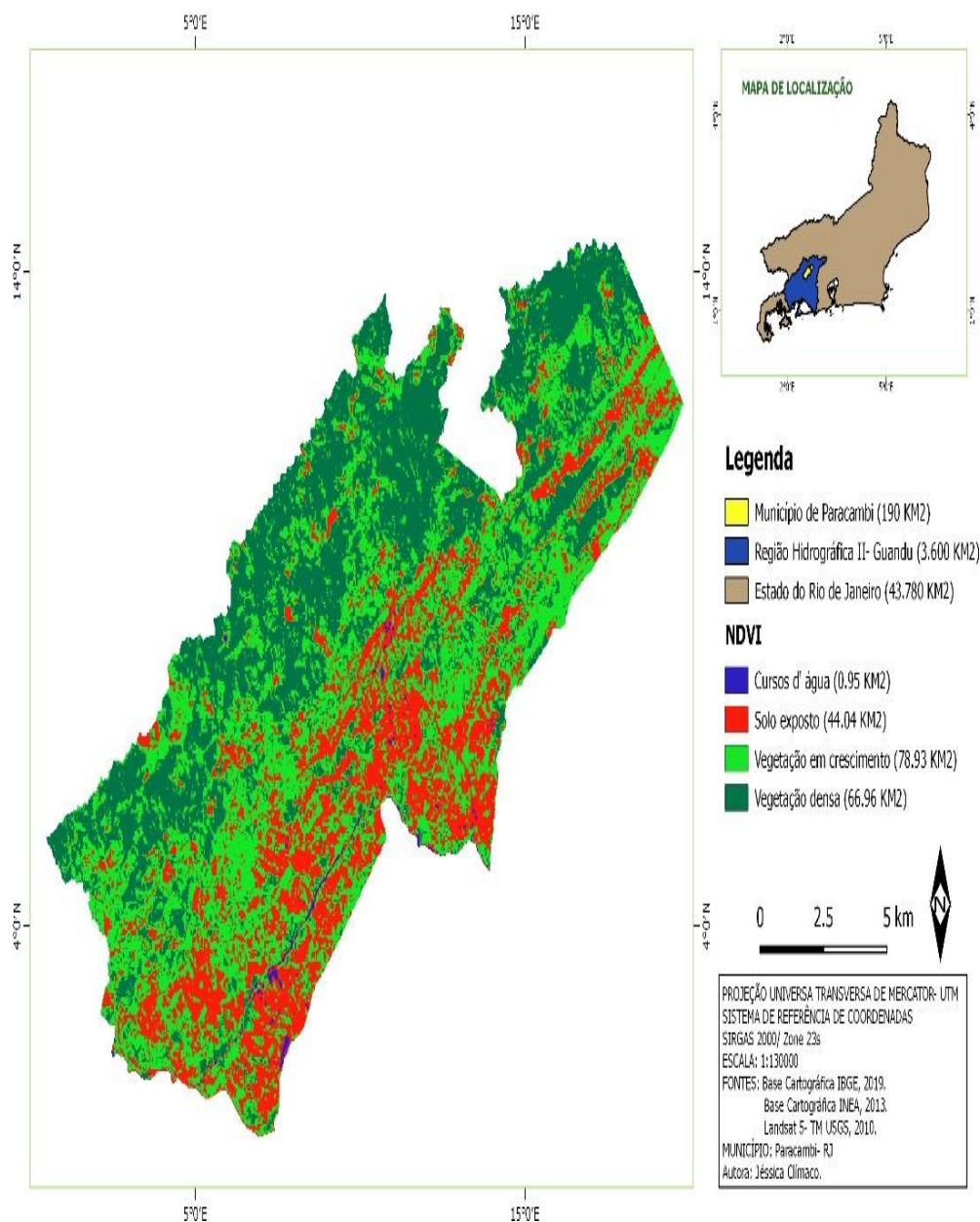


Figura 13. Mapa da Cobertura Vegetal 2010/ Paracambi-RJ. Fonte: Própria autora.

Em contrapartida, as áreas referentes aos cursos d'água diminuem, ficando com 0.95 km², sendo este reflexo das ações antrópicas em relação aos recursos hídricos (construções), comprometendo assim as necessidades primordiais das populações, uma vez, que se sabe que a bacia hidrográfica II, a qual o município faz parte, é responsável por 80% do abastecimento de água da RMRJ.

Mapa da cobertura vegetal NDVI 2020

Para o ano de 2020 obteve-se um valor alto de vegetação densa se comparado com os outros

respectivos anos, chegando à 118.60 km², enquanto que a vegetação em crescimento diminuiu alcançando o menor valor até o momento, com 55.20 km² de área. Esses dados nos mostram que ocorreu uma transformação da vegetação em crescimento pela vegetação densa. Fator esse consequência das políticas ambientais ocorridas no município já citadas anteriormente, entre o ano de 2010 e 2020, e também o aumento das fiscalizações ambientais na cidade.

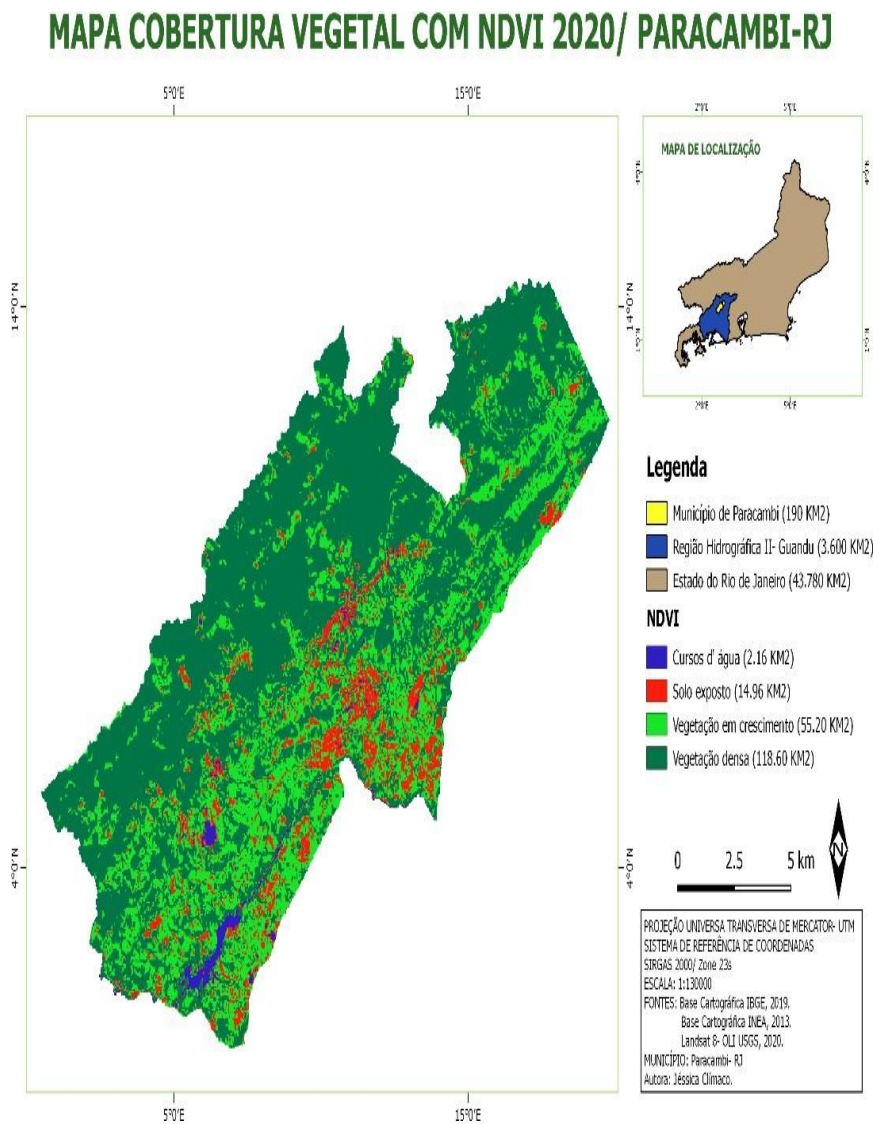


Figura 14. Mapa da Cobertura Vegetal 2020/ Paracambi-RJ. Fonte: Própria autora.

Paralelamente a isto, ocorreu um aumento significativo dos cursos d'água, com 2.16 km², que pode ser devido a construções de novas represas na cidade e também o próprio aumento da vegetação, uma vez que ocorre a diminuição de solo exposto, com 14.96 km², bemparecido com o ano de 1990, para esta classe, confirmando o anteriormente exposto, uma vez que a disponibilidade hídrica está relacionada diretamente com as áreas florestadas. O valor percentual da cobertura vegetal para este ano foi de aproximadamente 91%.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nas análises da cobertura vegetal do Município de Paracambi-RJ, mostraram que as mudanças ocorridas são reflexo do seu processo histórico e de urbanização. O fechamento das atividades da Companhia Têxtil Brasil Industrial, no final da década de 80, fizeram com que os moradores do Município se adaptassem a nova realidade local, tendo de expandir seus meios de renda, efetivando assim, um processo de urbanização intenso no ano de 2000 que se concentrou principalmente nas proximidades às margens dos rios e centro da cidade, expandindo-se também para a zona de amortecimento do atual Parque Natural Municipal do Curió, tendo como consequência uma perda considerável da cobertura vegetal.

A partir do ano de 2010, ocorre praticamente uma estabilização das áreas da cobertura vegetal e posterior aumento da mesma em 2020, devido ao recuo do crescimento urbano por perda de interesse de algumas áreas por parte da população, bem como o aumento de políticas públicas voltadas para a conservação ambiental, dentre elas podemos destacar: Criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC, 2000), Criação do Parque Natural Municipal do Curió (2009), Novo Código Florestal Brasileiro (2012) e a própria expansão do quadro de funcionários da equipe de fiscalização ambiental em 2018 (guarda ambiental e fiscal ambiental) que são extremamente necessários para controle de ações predatórias e monitoramento das áreas ameaçadas. É importante observar também que ocorreu próprio processo de regeneração natural de algumas áreas fazendo com que a vegetação em crescimento fosse substituída pela vegetação densa.

Quanto a ferramenta de sensoriamento remoto e SIG, foi possível verificar sua importância e aplicabilidade para adquirir análises da cobertura vegetal de diferentes formas em vários períodos de tempo, porém para uma melhor acurácia das interpretações de caráter ambiental, faz-se necessário a utilização de vários outros recursos juntamente com o NDVI, tais como: visita à campo com GPS para validação in loco, estudo das áreas de vegetação para distinguir os tipos de floresta densa (nativa, invasora ou exótica), bem como a utilização de outros métodos, como por exemplo uma longa pesquisa a literatura existente e entrevistas com moradores da região.

Conclui-se então que o estudo foi apenas o pontapé inicial de muito trabalho que poderá ser feito pela frente, servindo como instrumento para aplicabilidade de vários processos de caráter em prol da conservação ambiental. Incorporar as ferramentas do SIG nos processos de gestão e tomada de decisão, por parte do poder público, fazem parte da rotina, pois a partir dele é possível identificar áreas para reflorestamentos mais rentáveis, áreas com potencial de preservação e proteção para criação de RPPN, por exemplo, irregularidades ambientais: como as queimadas, invasão de APP, caça e desmatamentos, além de contribuir para criação de um banco de dados que pode ser utilizado para a percepção das ações desenvolvidas até então e para os estudos ambientais futuros em prol da recuperação, conservação e

preservação dos recursos naturais pelo poder público e pela coletividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque AW et al. (2002). Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 6(1): 136-141.
- Alves APP et al. (2007). Dinâmica das Enchentes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Macacos. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental), Instituto Superior de Tecnologia de Paracambi. Paracambi, RJ.
- Assad ED et al. (1998). Sistemas de informações geográficas (Aplicações na Agricultura). 2.ed. Brasília: SPI/EMBRAPA-CPAC. 434p.
- Barbosa IS et al. (2009). Evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solono município de Lagoa Seca, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(5): 614-622.
- Beltrame AV (1994). Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. da UFSC.
- Blaschke T (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 6: 2-16.
- BRASIL (1981). Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispoõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 1981.
- BRASIL (2002). Ministério do Meio Ambiente. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002.
- BRASIL (2012). Lei nº 12.651 de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revogaas Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 2001.
- Burrough PA et al. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.
- Câmara G et al. (2004). Análise espacial e geoprocessamento. In: Druck S et al. (eds). Análise Espacial de Dados Geográficos, Brasília, EMBRAPA.
- Câmara G et al. (2005). Introdução à Ciência da Geoinformação. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/livros.html>. Acesso em: 04/11/2020.
- Cicco V et al. (1999). Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, 56: 125-134.
- Cidades (2020). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em: 04/11/2020.


- CIDE (2008). Fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 14p.
- Ellenberg H et al. (1967). A key to raunkiaer plant life-forms with revised subdivisions. *Berichte des Geobotanischen Institutes der Eidg. Techn. Hochschule Stiftung Rübel, Zurich: ETH*, 37: 56-73.
- EMBRAPA (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª edição. Brasília. 84p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>. Acesso em: 04/11/2020.
- Espíndola CB (2006). Composição e estrutura de comunidades e muscóides (Diptera) em Paracambi, RJ/ Cleber Barreto Espíndola. Rio de Janeiro: UFRJ/MN.
- Fonseca GA et al. (2018). From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 16(4): 208-214.
- Hernani LC et al. (2002). A Erosão e seu impacto. In: Manzatto OCV et al. (Eds.). *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro, Brasil: Embrapa Solos, 5: 47–60. Disponível em www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/328096/1/usoagricolasolosbrasileiros.pdf. Acesso em: 04/11/2020.
- IBGE (2012). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv37318.pdf>. Acesso em: 04/11/2020.
- IBGE (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- IBGE (2020). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geociências. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-sobre-posicionamento-geodesico/sirgas/16691-projeto-mudanca-do-referencial-geodesico-pmrg.html?et=resolucoes-e-legislacao>. Acesso em: 04/11/2020.
- INEA (2019). Instituto Estadual do Ambiente. Shapes. 2019. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/inea0121705.pdf>. Acesso em: 15/11/2020.
- INEA (2020) Instituto Estadual do Ambiente. GeoINEA. 2020. Disponível em: www.inea.rj.gov.br/portaigeoinea. Acesso em: 15/11/2020.
- Jensen JR et al. (2011). Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos, SP: Parêntese. 598p.
- Júnior SS et al. (2002). Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente. São José dos Campos: INPE. 22p.
- Luchiarri A (2001). Identificação da Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas por Meio de Produtos de Sensoriamento Remoto e de um Sistema de Informações Geográficas. *Revista do Departamento de Geografia, São Paulo*, 14: 47-58.
- Medeiros JS et al. (2001). Geoprocessamento para projetos ambientais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE-8568-PRE/4312, São José dos Campos.

- Melo ET (2008). Diagnóstico Físico Conservacionista da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos – Crateús/CE. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Pró-Reitoria de Pesquisae Pós-Graduação, Fortaleza.
- Meneses PR et al. (2012). Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. <http://www.cnpq.br/web/guest/livro-eletronico>. Acesso em: 15/11/2020.
- Novo EML (1989). Sensoriamento Remoto. Ed. Edgard Blücher, São Paulo. 307p.
- MMA (2015). Ministério de Meio Ambiente. Brasília. Disponível em: https://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento.html
- Paracambi (2006). Plano Diretor Participativo de Paracambi, Capítulo VI, Art. 57. Disponível em: <http://200.164.238.180/arquivos/public/4a4e9f>.
- Paracambi (2020). Plano de Manejo do Parque Natural Municipal Curió de Paracambi, Paracambi, Capítulo 2. 20p.
- PMP (2009). Prefeitura Municipal de Paracambi. Lei Municipal nº921, de 30 de abril de 2009. Dispõe sobre a área do Parque Natural Municipal do Curió de Paracambi, e dá outras providências.
- Ponzoni FJ et al. (2010). Cobertura vegetal e uso da terra na região Araripepernambucana. Mercator, Fortaleza, 9(19).
- Shimabukuro Y (1998). E. Índice de Vegetação e Modelo Linear de Mistura Espectral no Monitoramento da região do Pantanal. Pesquisa Agropecuária Brasileira. (33): 1729-1737.
- Sondoténica ANA (2006). Plano estratégico de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim - Relatório do diagnóstico – final. Rio de Janeiro, RJ. 413p.
- Sopper WE (1975). Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. Journal of environmental quality, 4(1): 24-29.
- SPUGeo (2020). Sensoriamento Remoto, Brasil. Disponível em: https://cdn.evg.gov.br/cursos/243_EVG/pdfs/modulo01pdf02.pdf. Acesso em: 15/11/2020.
- USGS (2020). Us Geological Survey. <http://espa.cr.usgs.gov/v2>. Acesso em: 15/11/2020.
- Vicens RS et al. (1998). Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Análise da Cobertura Vegetal da Reserva Florestal de Linhares, ES, Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9, Belo Horizonte. Anais...Santos: INPE. Disponível em: . Acesso em: 5/10/2020.

Caracterização e modelos estatísticos para estimativa do volume de frutos de babaçu (*Attalea* sp.) de duas populações

Recebido em: 04/05/2021

Aceito em: 06/05/2021


 10.46420/9786588319703cap10

José Lucas Vieira Pinheiro¹ 

Priscila Alves Barroso^{1*} 

Lucas Rafael de Lima Silva¹ 

Octavio Pessoa Aguiar Batista¹ 

Antonio Pedro Vieira Corvelo¹ 

Artur Mendes Medeiros¹ 

INTRODUÇÃO

O Babaçu (*Attalea* spp.) é uma espécie de palmeira muito utilizada pelas famílias de camponeses e agricultores para diversas finalidades. Incluem seu uso desde o fruto para a produção de carvão e ração para animais; as amêndoas, na produção de óleo e para o consumo *in natura*; o caule e as folhas na produção de ração, artesanato, rolhas, cobertura de casas e até adubo para plantas de vaso (Porro, 2005; Mitja et al., 2008; Oliveira et al., 2013). As espécies do gênero, ocorrem de forma natural em praticamente todos os estados brasileiros das regiões Norte e Nordeste e em algumas manchas na região Centro-Oeste, e, além de ocorrerem em outros países da América do Sul como Bolívia e Peru, ocorrem também, nas américas do Norte e Central (Wisniewski et al., 1981; Costa et al., 2015).

Devido a sua ampla distribuição no território brasileiro, e ocorrência em vários biomas, uma grande variabilidade fenotípica tem sido observada para caracteres morfológicos de frutos de babaçu (Guedes et al., 2015). Esta variabilidade, porém, ainda tem sido pouco explorada cientificamente e vem sendo perdida ao longo dos anos com o avanço do desmatamento para estabelecimento de monocultivos e pastagens (Porro, 2019). Aliada a difícil identificação taxonômica do chamado complexo babaçu (Lorenzi et al., 2010), muitas vezes confusa entre os autores (Mata, 2016), a caracterização biométrica de frutos e sementes pode fornecer subsídios importantes para a diferenciação de espécies do mesmo gênero (Cruz et al., 2001) e para a conservação, domesticação e uso sustentável do babaçu (Guedes et al., 2015; Silva et al., 2017).

As variáveis biométricas, se correlacionadas, podem também, ser utilizadas para predição de caracteres de mensuração mais trabalhosa, como por exemplo, o volume de frutos. Variáveis biométricas

¹ Universidade Federal do Piauí (UFPI), *Campus* Professora Cinobelina Elvas (CPCE), Rodovia BR 135, Bom Jesus-Viana, km 3, Planalto Horizonte. Bom Jesus- PI.

* Autora correspondente: pa.barroso@ufpi.edu.br

têm sido frequentemente utilizadas para predição do crescimento (Rojas-Lara et al., 2008; Gehring et al., 2011; Fernandes et al., 2014; Dantas et al., 2016), produtividade (Dias et al., 2015; Azevedo et al., 2015; Simões et al., 2017) e volume de frutos (Araujo et al., 2015; Botelho et al., 2016). O volume inicial dos frutos de babaçu, é um dos principais indicativos da produtividade obtida nas diversas populações naturais exploradas por famílias e comunidades camponesas. A comercialização e o rendimento do babaçu são principalmente quantificados em toneladas de cocos extraídos. No Brasil, por exemplo, foram extraídas mais de 91 mil toneladas somando os frutos e amêndoas do babaçu no ano de 2017 (IBGE, 2017).

Frutos maiores, possuem, proporcionalmente, maior teor de biomassa em suas estruturas como epicarpo, mesocarpo e endocarpo (Vanderlei et al., 2019), que são destinados aos diversos fins de exploração do coco babaçu. A determinação de populações naturais com valores médios superiores de seus caracteres pode contribuir significativamente na seleção de matrizes para dar início a programas de domesticação, conservação e melhoramento genético.

Objetivou-se com o presente estudo caracterizar os frutos oriundos de duas populações naturais de Babaçu (*Attalea* sp.) localizadas nos estados do Maranhão e do Piauí e determinar uma equação de regressão que estime o volume dos frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de *Attalea* sp. foram coletados no período de julho a agosto de 2019 em duas localidades (Figura 1). A primeira coleta foi realizada na cidade de Timbiras – MA (04°15'19" S e 43°56'26" W, clima tropical úmido e subúmido - Am) e a segunda na cidade de Palmeira do Piauí – PI (08°43'37" S e 44°14'008" W, com predominância de clima semiárido quente - BSh), onde, em cada coleta foram recolhidos frutos de quatro árvores matrizes.

Os frutos selecionados foram os que se encontravam sob o solo no estágio de maturação mais avançado, evitando-se coletar frutos jovens. Todos os frutos foram trazidos para o laboratório de Análise de Dados e Melhoramento Genético da Universidade Federal do Piauí (UFPI) no *Campus* Professora Cinobelina Elvas (CPCE).

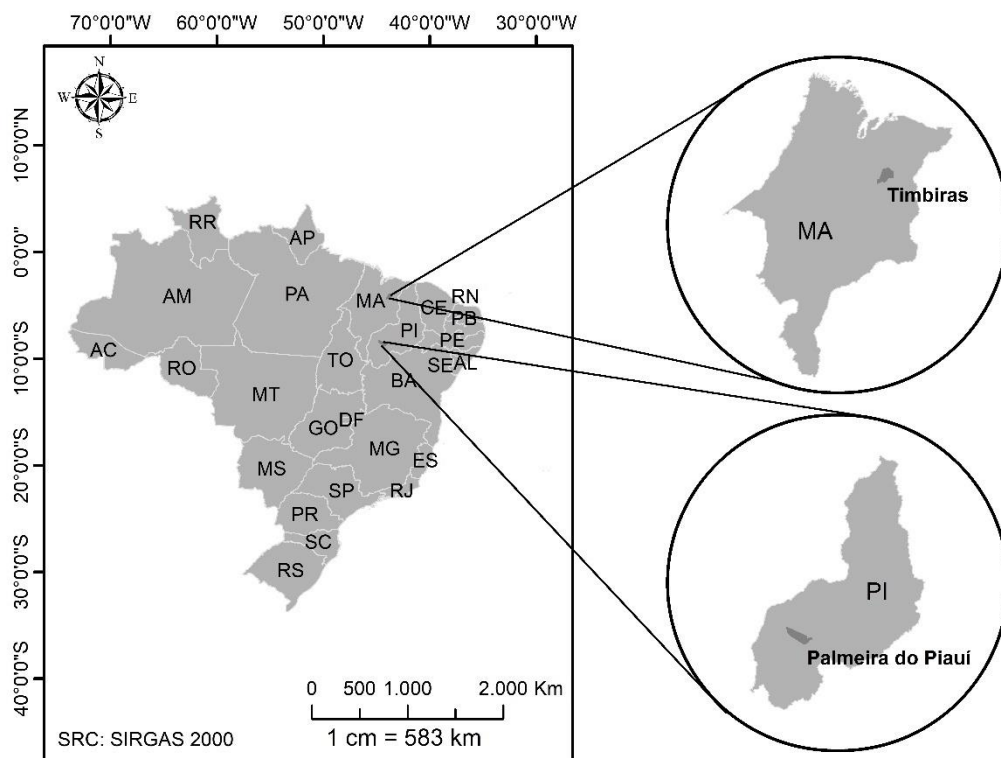


Figura 1. Posição geográfica das populações de *Attalea* sp. Fonte: os autores.

A caracterização se deu quanto a massa do fruto [g], comprimento longitudinal [mm], comprimento horizontal [mm] e volume [cm³]. Para a variável massa, as amostras foram pesadas em uma balança semianalítica com precisão de 0,1 g, pesando-se todas as amostras. O comprimento longitudinal e comprimento horizontal foi aferido com o auxílio de um paquímetro digital de precisão 0,01 mm, onde o comprimento longitudinal foi medido em todas as amostras pelas suas extremidades, do ápice a base (incluindo parte do pedúnculo), e o comprimento horizontal é o resultado da média aritmética de dois comprimentos horizontais perpendiculares. O volume foi aferido com o auxílio de duas provetas, uma de 100 ml±1 e outra 1.000 ml±10, pelo método de deslocamento de fluido.

Ao todo foram caracterizados 127 frutos da população do estado do Maranhão e 109 frutos da população do estado do Piauí. Os dados de cada população foram submetidos a estatística descritiva e ao teste t para comparação entre as médias dos grupos. Todas as análises foram realizadas no software estatístico R versão 3.6.1.

Para a predição da variável volume, foram testados 6 modelos estatísticos distintos, em que o modelo 6 foi proposto por Narushin (2005) para predição de volume de ovos de galinha poedeira. Conforme apresentado no quadro 1 a seguir:

Quadro 1. Modelos estatísticos para predição do volume dos frutos *Attalea* sp. Fonte: os autores.

$m1: vol = \beta_0 + \beta_1 \cdot ma$	$m2: vol = \beta_0 + \beta_1 \cdot cv$	$m3: vol = \beta_0 + \beta_1 \cdot ch$
$m4: vol = \frac{ma}{\beta_0}$	$m5: vol = \beta_0 \cdot cv \cdot ch^2$	$m6: vol = \frac{2 \cdot \pi \cdot cv^3}{3 \left[3 \cdot \beta_0 \cdot \left(\frac{cv}{ch} \right)^{\beta_1} + 1 \right]}$

ma: massa [g]; cv: comprimento vertical [mm]; ch: comprimento horizontal [mm]; vol: volume [cm³].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização biométrica dos frutos

Foram observadas diferenças significativas pelo teste t ($p < 0.05$) entre as populações de *Attalea* para todas as variáveis biométricas estudadas, indicando diferenças morfológicas dos frutos de babaçu nas duas populações (Figura 2). É possível ressaltar, a maior amplitude entre as médias das variáveis massa e volume dos frutos. Os frutos extraídos da população do Maranhão e Piauí, apresentaram respectivamente, massa média de 101,65 g e 233,89 g e volume médio de 100,72 cm³ e 220,21 cm³. Essa diferença, pode significar o dobro da produção nas matrizes oriundas do Piauí, em termos de massa e volume de cocos produzidos, o que traria maior rentabilidade para as populações extrativistas.

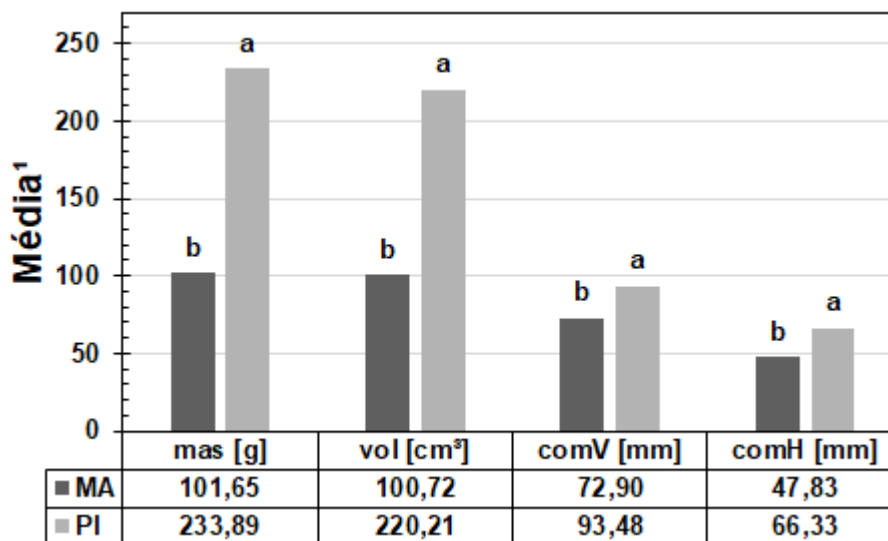


Figura 2. Médias das variáveis dos frutos de *Attalea* sp. para cada uma das populações (MA: Maranhão; PI: Piauí); massa: “mas [g]”; volume: “vol [cm³]”; comprimento vertical: “comV [mm]”; comprimento horizontal: “comH [mm]”. Fonte: os autores. ¹: letras iguais para o mesmo caractere não diferem entre si pelo teste t ($p < 0.05$).

Para o comprimento, os frutos extraídos da população do Piauí também foram maiores nas duas dimensões, vertical e horizontal (Figura 2). Os frutos apresentaram comprimento médio vertical variando de 72,90 mm (MA) a 93,48 mm (PI), e comprimento médio horizontal de 47,83 mm (MA) a 66,33 mm

(PI). As diferenças médias dos caracteres comprimento vertical e comprimento horizontal foram menores entre as duas populações, quando comparado as diferenças observadas para os caracteres massa e volume. Estes resultados são um indicativo da maior densidade de biomassa nos constituintes do epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas nos frutos extraídos na população do Piauí.

A variabilidade morfológica para caracteres de frutos em babaçu, também foram observadas por outros autores. Marinho et al. (2014) caracterizando os frutos de babaçu, obtiveram valores de média superiores em comprimento vertical (114 mm), semelhantes em comprimento horizontal (49 mm) e para peso mais próximos dos valores encontrados no Piauí (239,75g). Oliveira et al. (2013) encontraram, também, valores muito próximos para as variáveis massa e volume dos frutos de babaçu na localidade do Piauí. Mitja et al. (2008) obtiveram valores de comprimento vertical (114mm), comprimento horizontal (65,5mm) mais próximos dos valores encontrados nas populações do Maranhão e para o caractere massa (208,5g) mais próximo do observado no Piauí.

Em atividades industriais e de comércio que visem a exploração dos recursos ofertados pelas espécies de babaçu, aquelas que apresentarem melhores rendimentos de sua matéria prima, e por consequência um aumento na produtividade, podem ser selecionadas para iniciar programas de melhoramento e conservação dos recursos genéticos. Em espécies de ocorrência natural, é comum a ampla variabilidade morfológica para os caracteres de frutos, esta variabilidade permite rápidos ganhos em programas de melhoramento nas primeiras fases de seleção (Guedes et al., 2015; Borém et al., 2017). Neste estudo, a massa, volume e comprimento dos frutos podem ser utilizados como critério de seleção, em que a população do Piauí demonstra grande potencial.

Modelos estatísticos para estimativa do volume dos frutos.

Na tabela 1 encontram-se os valores dos coeficientes dos modelos e os coeficientes de determinação, coeficientes de determinação ajustado e erro padrão dos modelos para os frutos coletados das populações do Maranhão. Os coeficientes de determinação variaram entre 0,609 e 0,851 em que o maior R^2 é observado para o modelo *m5* e o menor para o modelo *m2*.

O modelo *m2* foi o que obteve menor valor de R^2 e maior valor de erro padrão, significando um menor ajuste do modelo observado pela alta dispersão dos pontos em torno da reta (Figura 3). Esse modelo usa como variável preditiva o caractere comprimento vertical, indicando que esse caractere apresenta uma baixa correlação com o caractere volume. Isso pode ser explicado pelo fato de os frutos serem de populações naturais, e, portanto, haver associado entre os indivíduos.

Tabela 1. Valores dos coeficientes da regressão (β_0 e β_1), coeficientes de determinação (R^2), coeficientes de determinação ajustado ($R^2_{ajus.}$) e erro padrão do ajuste para cada um dos modelos (m) para predição de volumes de frutos de *Attalea* sp. da população oriunda do Maranhão.

Parâmetros	<i>m1</i>	<i>m2</i>	<i>m3</i>	<i>m4</i>	<i>m5</i>	<i>m6</i>
β_0	6,132 ^{ns}	-145,138**	-111,520**	1,015**	5,74E-04**	1.356,577**
β_1	0,930**	3,373**	4,437**	-	-	1,728**
R^2	0,828	0,609	0,768	0,842	0,851	0,849
$R^2_{ajus.}$	0,825	0,603	0,765	0,839	0,849	0,847
erro padrão	13,090	19,747	15,196	13,211	14,112	13,859

^{ns}: não significativo; ^{**}: significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Os modelos *m1* e *m4*, que usam como variável dependente o caractere massa, apresentaram valores de R^2 superiores a 0,8 e também os menores valores para erro padrão. O β_1 significativo nos modelos, são um indicativo que a covariável massa realmente influencia o volume dos frutos, indicando que esse caractere possui forte correlação e apresenta forte poder preditivo. Frutos de maior massa influenciam diretamente no maior volume dos frutos (Figura 3). Porém, no modelo *m1*, o β_0 predito não diferiu de zero, não podendo ser interpretado.

Os modelos *m5* e *m6* que usam mais de um caractere para predizer o volume dos frutos (comprimento vertical e horizontal) apresentaram os maiores valores de R^2 e $R^2_{ajus.}$ e ao mesmo tempo erro padrão muito próximos indicando que esses caracteres quando usados em conjunto em um modelo possuem grande poder preditivo para o caractere volume. Esses dois modelos, são interessantes do ponto de vista prático, pois utilizam medidas de fácil mensuração no campo sem a necessidade de equipamentos mais sofisticados, além de poderem ser implementadas em análise de imagens.

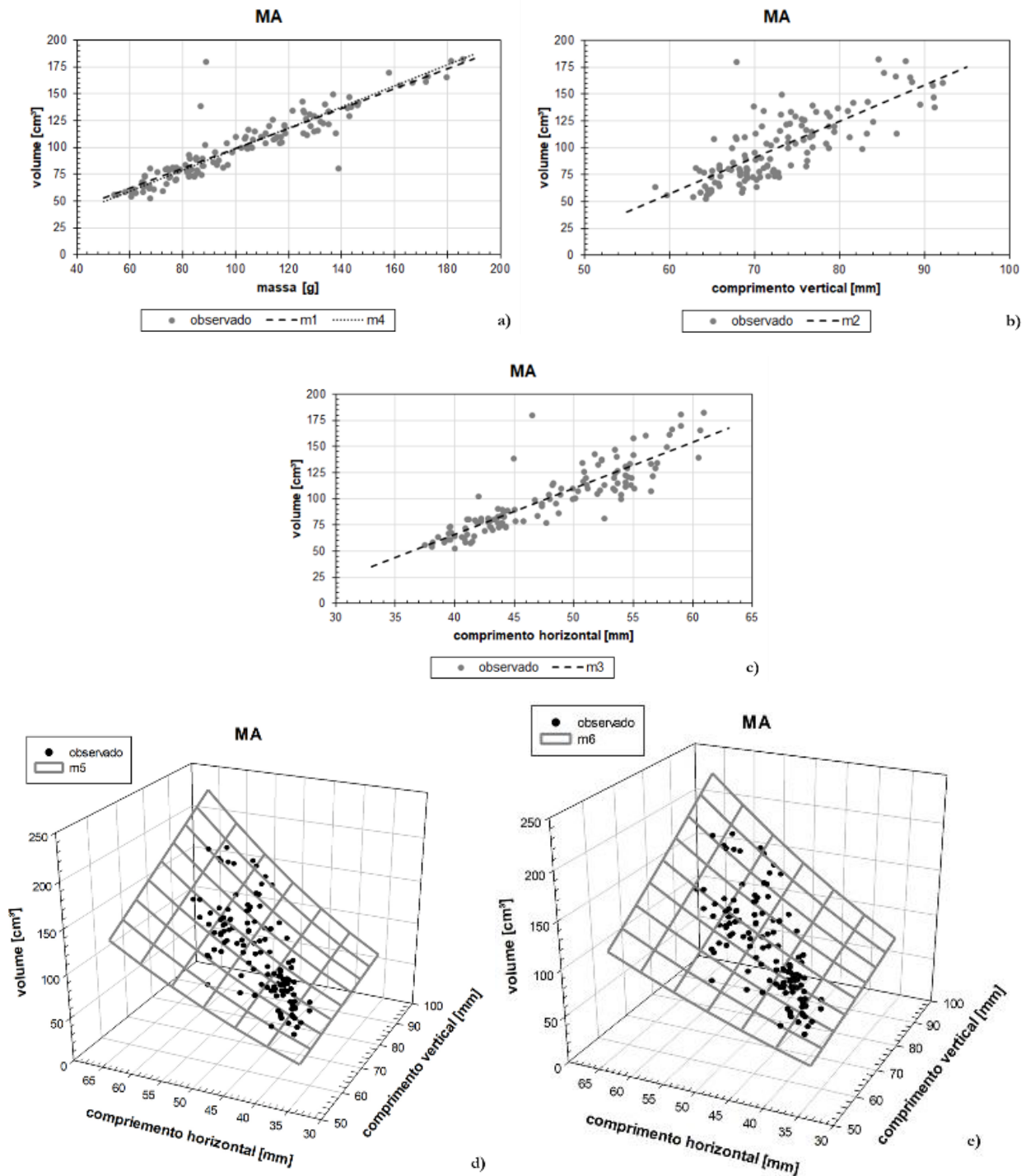


Figura 3. Relações entre o volume com os caracteres massa, comprimento vertical e comprimento horizontal para os frutos de babaçu oriundos das populações do Maranhão. a) ajuste dos modelos $m1$ e $m4$; b) ajuste do modelo $m2$; c) ajuste do modelo $m3$; d) ajuste do modelo $m5$; e) ajuste do modelo $m6$. Fonte: os autores.

Na tabela 2 que segue, se encontram os valores dos coeficientes dos modelos e os coeficientes de determinação, coeficientes de determinação ajustado e erro padrão dos modelos para os frutos coletados das populações do Piauí. Modelos que se ajustam em diferentes populações, serão preferidos. Os

coeficientes de determinação variaram entre 0,084 e 0,78 em que o maior R^2 é observado para o modelo $m4$ e o menor para o modelo $m2$.

Tabela 2. Valores dos coeficientes da regressão (β_0 e β_1), coeficientes de determinação (R^2), coeficientes de determinação ajustado ($R^2_{ajus.}$) e erro padrão do ajuste para cada um dos modelos (m) para predição de volumes de frutos de *Attalea* sp. da população oriunda do Piauí.

Parâmetros	<i>m1</i>	<i>m2</i>	<i>m3</i>	<i>m4</i>	<i>m5</i>	<i>m6</i>
β_0	53,64927**	34,3642 ^{ns}	-85,113**	1,0731**	5,20E-04**	1.520,739**
β_1	0,71212**	1,988**	4,603**	-	-	1,602**
R^2	0,722	0,084	0,616	0,780	0,741	0,716
$R^2_{ajus.}$	0,719	0,075	0,613	0,778	0,736	0,711
erro padrão	21,870	39,68	25,678	24,528	29,005	27,271

^{ns}: não significativo; **: significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

De forma semelhante aos valores obtidos para as populações do Maranhão, o modelo $m2$, para as populações do Piauí, obteve valores mais baixos para R^2 , que foi inferior a 0,1, e o valor mais elevado de erro padrão (39,68) corroborando com hipótese de que essa variável possui uma fraca correlação com o volume dos frutos, ou é insuficiente para predizer o seu comportamento. O baixo ajuste pode ser observado na Figura 4b. Este modelo, pode ser descartada em estudos posteriores, dado o baixo ajuste nas duas populações. Vanderlei et al. (2019) conseguiram encontrar relação melhor de comprimento vertical/volume em um modelo de regressão ajustando o volume real, com R^2 de 0,88.

Os modelos que usam o caractere massa ($m1$ e $m4$) foram, também, os que apresentaram melhor poder preditivo para o volume dos frutos e com menores erro padrão associado aos modelos. E, de forma semelhante, quando são usados em conjunto, os caracteres comprimento vertical e horizontal consegue predizer melhor o volume dos frutos. Para todas as variáveis, são observadas uma função positiva para o incremento do volume dos frutos em função do aumento das variáveis preditoras (Figura 4).

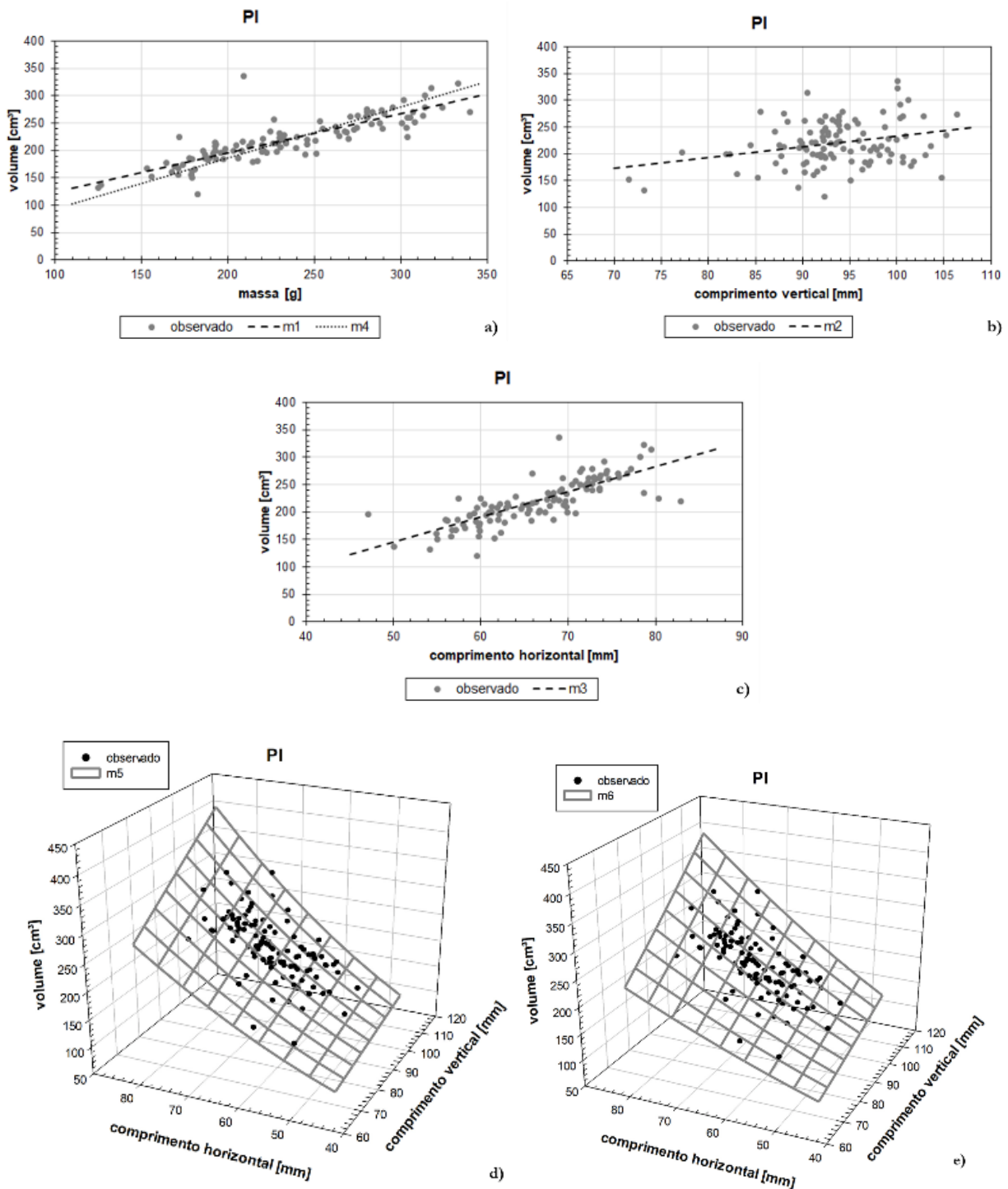


Figura 4. Relações entre o volume com os caracteres massa, comprimento vertical e comprimento horizontal para os frutos de babaçu oriundos das populações do Piauí. a) ajuste dos modelos *m1* e *m4*; b) ajuste do modelo *m2*; c) ajuste do modelo *m3*; d) ajuste do modelo *m5*; e) ajuste do modelo *m6*. Fonte: os autores.

Dessa forma, observa-se que o caractere massa apresenta grande poder preditivo para as populações das duas localidades, e os caracteres comprimento vertical e comprimento horizontal, quando usados em conjunto em uma equação, pode melhorar o poder preditivo do volume dos frutos. O caractere volume é uma variável importante de ser estudada pois ela possui relação direta em muitos

casos com o rendimento de atividades e com a logística de transporte e armazenamento. Além disso, os caracteres peso, comprimento vertical e comprimento horizontal são variáveis de fácil medição em campo. Os dados desse estudo contribuem para melhor esclarecer a variabilidade natural dos caracteres dos frutos do babaçu entre populações de localidades distintas. E também, a aplicação desses modelos em diferentes populações aperfeiçoa o conhecimento sobre a variabilidade populacional da espécie e ajuda na seleção de populações com as características desejadas para dar início a programas de melhoramento genético e melhorar o rendimento dos seus derivados.

CONCLUSÃO

Existe variabilidade biométrica em caracteres de frutos de diferentes populações de coco babaçu (*Attalea* sp.). Árvores matrizes de populações naturais do Piauí podem ser selecionadas para iniciarem programas de melhoramento genético e conservação que visem o aumento da produtividade, dado o maior desenvolvimento dos frutos. Os modelos $m4: \frac{ma}{\beta_0}$, $m5: \beta_0 \cdot cv \cdot ch^2$ e $m6: \frac{2 \cdot \pi \cdot cv^3}{3 \left[3 \cdot \beta_0 \cdot \left(\frac{cv}{ch} \right)^{\beta_1} + 1 \right]}$ são promissores para a predição do volume dos frutos nas duas populações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Araujo WD et al. (2015). Propriedades físicas dos frutos de amendoim durante a secagem. Mossoró: Revista Caatinga, 28(4): 170-180.
- Azevedo FA et al. (2015). Produtividade de laranja Folha Murcha enxertada em limoeiro Cravo sob adensamento de plantio. Campinas: Bragantia, 74(2): 184-188.
- Borém A et al. (2017). Melhoramento de plantas. 7 ed. Viçosa: UFV. 543p.
- Botelho FM et al. (2016). Propriedades físicas de frutos de café robusta durante secagem: determinação e modelagem. Lavras: Coffee Science, 11(1): 65-75.
- Costa CL et al. (2015). Caracterização físico-química de óleos fixos artesanais do coco babaçu (*Orbignya phalerata*) de regiões ecológicas do estado do Maranhão, Brasil. São Luiz: Pesquisa em Foco, 20(1): 27-38.
- Cruz ED et al. (2001). Biometria de frutos e sementes e germinação de jatobá-curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke, Leguminosae - Caesalpinioideae). São Paulo: Revta brasil. Bot, 24(2): 161-165.
- Dantas AL et al. (2016). Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugueira (*Spondias* sp.). Jaboticabal: Revista Brasileira de Fruticultura, 38(1): 33-42.
- Dias CN et al. (2015). Produtividade e qualidade do morangueiro sob dois ambientes e doses de biofertilizante. Campina Grande: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19(10): 961-966.

- Fernandes TJ et al. (2014). Seleção de modelos não lineares para a descrição das curvas de crescimento do fruto do cafeeiro. Lavras: Coffee Science, 9(2): 207-215.
- Gehring C et al. (2011). Allometry of the babassu palm growing on a slash-and-burn agroecosystem of the eastern periphery of Amazonia. [S. l.]: Acta Amazonica, 41(1): 127-134.
- Guedes ML et al. (2015). Fruit morphology and productivity of babassu palms in northern Minas Gerais state, Brazil. Viçosa: Revista Árvore, 39(5): 883-892.
- Lorenzi H et al. (2010). Flora brasileira: Arecaceae (Palmeiras). Nova Odessa: Instituto Plantarum. 99p.
- Marinho BR et al. (2014). Caracterização da Germinação de Sementes de *Orbignya phalerata* Mart. (Babaçu) Arecaceae. In: III Congresso de Iniciação Científica do INPA-CONIC.
- Mata LR (2016). Caracterização molecular e anatômica do complexo babaçu (*Attalea* spp., Arecaceae). Departamento de Botânica (Dissertação), Brasília. 149p.
- Mitja D et al. (2008). Biometria dos frutos e sementes de babaçu, Natividade-TO. Brasília. In: IX Simpósio Nacional do Cerrado & II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais.
- Narushin VG (2005). Egg geometry calculation using the measurements of length and breadth. Zaporizhzhya: Poultry science, 84(3): 482-484.
- Oliveira ATT et al. (2013). Babaçu (*Orbignya* sp.): Caracterização física de frutos e utilização de solventes orgânicos para extração de óleo. Londrina: BBR, 2(3esp): 126-129.
- Porro R (2005). Palms, Pastures, and Swidden Fields: The Grounded Political Ecology of “Agro-Extractive/Shifting-cultivator Peasants” in Maranhão, Brazil. [S. l.]: Human Ecology, 33(1): 17-56.
- Porro R (2019). A economia invisível do babaçu e sua importância para meios de vida em comunidades agroextrativistas. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, 14(1): 169-188.
- Rojas-Lara PC et al. (2008). Modelos matemáticos para estimar el crecimiento del fruto de Chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P). Chapingo: Revista Chapingo, 14(3): 289-294.
- Silva RM et al. (2017). Aspectos biométricos de frutos e sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul. provenientes do semiárido baiano. Cassilândia: Revista de Agricultura Neotropical, 4(3): 85-91.
- Simões WL et al. (2017). Produtividade e características físico-químicas dos frutos da lima ácida Tahiti sob diferentes disposições de microaspersores. Salvador: WRIM, 6(1): 107-114.
- IBGE (2017). Tabela 6617: Número de estabelecimentos agropecuários e Quantidade produzida, por produtos da extração vegetal - resultados preliminares 2017. Censo agropecuário 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6617#resultado>>. Acesso em: 27/abril/2021.
- Vanderlei RS et al. (2019). Biometry and Non-Destructive Allometric Model for Estimating Babassu (*Attalea speciosa*) Fruit Volume and Densities. Juazeiro: Revista Ouricuri, 9(2): 001-010.
- Wisniewski A et al. (1981). Babaçu e a crise energética. Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E). 26p.


Desempenho agrônômico de cultivares de alface crespa em duas épocas de cultivo no município de Uruçuí-PI

Recebido em: 12/05/2021


Aceito em: 14/05/2021


 10.46420/9786588319703cap11


Williany Rêgo Lima^{1*} 

Maria Lorena Pereira Barbosa¹ 

Fábio Oliveira Diniz² 

Ewerton Gasparetto Silva³ 

Cristovam Alves Lima Junior⁴ 

Marília Souza Salomão de Lima⁵ 

Wallace de Sousa Leite² 

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.), é uma das hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil e no mundo (Brzezinski et al., 2017; Yuri et al., 2017). Por isto, constitui-se uma cultura de grande importância social e econômica, especialmente para a agricultura familiar, dada a possibilidade da diversificação e aumento da rentabilidade (Sala et al., 2012).

É considerada uma planta de clima subtropical por produzir folhas de qualidade em temperaturas entre 12 e 22 °C. Temperaturas muito elevadas ou muito baixas podem conduzir a modificações morfofisiológicas, influenciando diretamente na produtividade da cultura (Blind et al., 2015). Neste sentido, quando submetida às temperaturas acima de 22 °C, é estimulada a emitir pendoamento mais rapidamente, culminando na paralisação de sua fase vegetativa (Rodrigues et al., 2008). Quando isso acontece, o produto torna-se pouco palatável, devido ao sabor amargo, oriundo do acúmulo de látex (Vargas et al., 2014). Assim, altas temperaturas, normalmente registradas na região Nordeste, podem ser limitantes ao desenvolvimento satisfatório da alface, comparado a outras regiões do Brasil (Moreira et al., 2014).

A alface é produzida em praticamente em todas as regiões brasileiras, ao longo de todo o ano (Sousa et al., 2018). Em vista disso, cultivares têm sido utilizadas nas distintas regiões brasileiras, nem sempre adequadas para determinados genótipos, levando à ocorrência de problemas que podem comprometer a produção, reduzir a qualidade do produto comercializado e afetar a renda do produtor (Gomes, 2014).

¹ Acadêmica de Engenharia Agrônômica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, *Campus* Uruçuí.

² Prof. Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI, *Campus* Uruçuí.

³ Prof. Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI, *Campus* Avançado José de Freitas.

⁴ Prof. Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - IFBAIANO, *Campus* Itaberaba.

⁵ Eng. Agro. Mestre.

* Autora correspondente: willy.regolima@gmail.com

Além disso, muitos produtores insistem em utilizar as mesmas cultivares, pouco adaptadas, ao longo dos ciclos, tornando o cultivo pouco produtivo, o que tem levado ao desestímulo da atividade em muitas regiões (Magalhães et al., 2015).

No município de Uruçuí-PI, o cultivo da alface é realizado durante o ano todo, porém em determinadas épocas do ano as condições climáticas podem ser desfavoráveis ao cultivo, inviabilizando a produção da cultura, por influenciar no desenvolvimento da planta e no pendoamento precoce.

Portanto, a seleção de cultivares de alface que melhor se adaptam às condições ambientais nas diferentes estações do ano é essencial para os produtores, no sentido de maximizar a produção, reduzir custos e melhorar a qualidade do produto (Aquino et al., 2017). Diante o exposto, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho agrônômico de diferentes cultivares de alface no município de Uruçuí-PI.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na horta didática da Fazenda Escola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI, *Campus* Uruçuí, localizada no município de Uruçuí, mesorregião do Cerrado do Sudeste do estado do Piauí, situada a uma altitude média de 167 metros, latitude sul 7° 13' 46" e longitude oeste 44° 33' 22" de Greenwich, apresenta clima tropical, verão chuvoso e inverno quente e seco. O clima segundo Köppen e Geiger é Aw (clima tropical com estação seca no inverno), a temperatura média é de 27.2 °C e a pluviosidade média anual de 1069 mm (Medeiros et al., 2018).

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com nove tratamentos, constituídos pelas cultivares de alface do tipo crespa (Alface Crespa para Verão; Cinderela; Elba; Mônica SF 31; Grand Rapids TBR; Isabela; Vanda; Simpson; Itapuã Super) e cultivadas em duas épocas do ano (março a junho e de agosto a novembro) com três repetições.

A análise de solo da área experimental apresentou as seguintes características químicas: K = 0,35 cmol dm⁻³; P = 167 mg dm⁻³; Ca = 7,3 cmolc dm⁻³; Mg = 2,2 cmolc dm⁻³; pH em H₂O = 6,0 e matéria orgânica = 22 g kg⁻¹. Os canteiros foram preparados com 5 kg m² de esterco bovino curtido.

As mudas foram produzidas em bandejas de polietileno expandido de 128 células, contendo substrato composto por solo, esterco bovino e casca de arroz carbonizada na proporção (1:2:1), sob ambiente protegido e o transplante ocorreu aos 30 dias após a semeadura. Foram utilizadas 16 mudas por unidade experimental, espaçadas a 0,30 x 0,30 m, sendo as quatro plantas centrais utilizadas para as avaliações.

A colheita ocorreu aos 60 dias após o transplante. Foram avaliados o número de folhas comerciais, considerando àquelas que apresentaram comprimento superior a 1,5 cm; diâmetro do caule (mm) com auxílio de um paquímetro digital; massa fresca e massa seca da parte aérea, massa fresca do

caule (g) aferidos por uma balança eletrônica com precisão de 0,01 g; comprimento do caule (mm) por meio de uma régua graduada. A massa seca da parte aérea (g) foi obtida pelo processo de secagem em micro-ondas, até atingir a massa constante (Embrapa, 2002). Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de probabilidade utilizando o programa SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a primeira época de cultivo (março a junho), verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos em todas as variáveis analisadas (Tabela 1).

Quanto ao número de folhas (Tabela 1), as cultivares Alface Crespa para Verão, Cinderela e Vanda, apresentaram os maiores valores, que variaram de 18 a 20, diferindo das demais cultivares avaliadas. Santos et al. (2009), que ao analisarem cultivares do tipo crespa em Cáceres-MT, verificaram média de 9,7 a 20,4 folhas por planta. Segundo os mesmos, o número de folhas é uma característica influenciável pelo local de cultivo, além do componente de cultivo o número de folhas pode ser indicador da interação genótipo x ambiente. Além de indicar a adaptação do material genético ao ambiente, o número de folhas é de grande importância para o produtor, pois é o produto destinado à comercialização. Ademais, as folhas externas das plantas de alface que formam “cabeças” são denominadas folhas da “saia”, que exercem importante função de proteção (Hotta, 2008).

Temperaturas elevadas, acima de 30 °C, como as frequentemente registradas na região nordeste estimula a fase reprodutiva da cultura de alface, antecipando-a, conseqüentemente o ciclo vegetativo é acelerado, comprometendo a qualidade do produto, principalmente tornando as folhas amargas, rígidas, de tamanho reduzido e em menor número por cabeça (Silva et al., 1995).

Desta forma, os produtores têm duas opções: colher as alfaces ainda pequenas, ou excessivamente pendoadas para obter maior massa, sendo esta última opção preferida pela maioria dos produtores prejudicando ainda mais a qualidade das alfaces comercializadas (Demartelaere et al., 2020).

Em relação à massa fresca das plantas, as cultivares Alface Crespa para Verão, Cinderela, Grands Rapids TBR, Simpson, Itapuã Super, apresentaram valores superiores às demais (Tabela 1).

Quanto ao comprimento do caule, característica limitante da produção (Tabela 1), verificou-se que a cultivar Grands Rapids TBR e Simpson, apresentaram os maiores valores mostrando-se pouca adaptação às condições ambientais na primeira época de cultivo. Possivelmente, devido à ocorrência de temperaturas elevadas, em torno de 37,3 °C durante a primeira época de cultivo (Inmet, 2019), que além de induzir o alongamento do caule, reduz o número de folhas, afetar a formação da cabeça comercial e estimula a produção de látex, o que torna a folha com sabor amargo (Cock et al., 2002; Oliari et al., 2010).

Tabela 1. Valores médios do número de folhas (NF), Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa seca da parte aérea (MSPA), Comprimento do caule (C.C), Diâmetro do caule (D.C), Massa fresca do caule (MFC) de plantas de cultivares de alface do grupo crespa, cultivadas entre março e junho, no município de Uruçuí-PI. Fonte: Própria. (2020).

Cultivares	NF	MFPA (g)	MSPA (g)	C.C (mm)	D.C (mm)	MFC (g)
Crespa para Verão	19,5 a	202,55 a	9,24 a	84,39 c	23,82 a	28,23 a
Cinderela	17,75 a	189,47 a	8,51 a	89,05 c	23,43 a	27,43 c
Elba	16,58 b	167,11 b	7,68 b	96,90 c	23,06 a	26,57 c
Mônica	14,5 b	160,76 b	7,66 b	89,53 c	19,74 b	20,51 d
Grands Rapids	16,08 b	193,63 a	8,18 b	200,97 a	19,43 b	55,12 b
Isabela	17 b	149,45 b	7,23 b	55,24 c	18,01 c	13,75 d
Vanda	18,17 a	160,71 b	7,86 b	70,57 c	20,98 b	20,70 d
Simpson	16,92 b	182,27 a	6,27 c	145,88 b	17,02 c	69,33 a
Itapuã Super	16,44 b	191,43 a	9,55 a	84,32 c	24,04 a	27,47 c
Média	16,99	177,49	8,02	101,87	21,06	32,12
CV (%)	13,62	24,24	17,7	63,33	14,28	38,12

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Tosta et al. (2009), avaliando quatro cultivares de alface de grupos diferentes entre abril e junho em Cassilândia - MS, obtiveram média de comprimento de caule de 6,56 a 10,71 cm, resultados inferiores aos obtidos neste trabalho, como também inferiores a Santos et al. (2009) em Cáceres, MT, sob temperatura máxima de 35,3 °C que, avaliando cinco cultivares de alface crespa, obtiveram médias que variaram entre 6,8 a 26,7 cm.

As cultivares Alface Crespa para Verão, Cinderela, Elba, Mônica SF 31, Isabela, Vanda, Itapuã Super apresentaram menor comprimento de caule, com valores entre 70,56 e 96,90. Menores comprimentos de caule são desejáveis quando o destino é a indústria de beneficiamento, devendo o mesmo ser reduzido, proporcionando menores perdas durante o processamento. O caule excessivamente comprido também acarreta uma menor compactação da “cabeça” e dificulta o beneficiamento, afetando a qualidade final do produto (Yuri et al., 2002; Resende et al., 2003). Caules com comprimento de até 6,0 cm seriam os mais adequados, sendo aceitáveis até o patamar de 9,0 cm e inaceitáveis ou menos recomendados para processamento acima disto (Yuri et al., 2004; Resende et al., 2005).

Portanto, as cultivares que apresentaram os menores comprimento do caule são aptas para comercialização, uma vez que não exibiram indícios de pendoamento, uma vez que o florescimento prematuro encurta o período vegetativo da planta, prejudicando sua produção de folhas, sendo

considerado um dos fatores que mais afeta o comportamento de cultivares de alface nas épocas mais quentes (Yuri et al., 2005).

Em diversos trabalhos realizados no município de Mossoró-RN, alguns dos quais, conduzidos em períodos de temperaturas mais baixas e, outros, que se utilizaram de telas de sombreamento como alternativa para amenizar os efeitos diretos dos fatores climáticos sobre a cultura, foram obtidas plantas de alface com menores comprimentos de caule (Grangeiro et al., 2006; Queiroga et al., 2001). Porém, Bezerra Neto et al. (2005), ao avaliarem o comprimento do caule em cultivares de alface em campo aberto obtiveram maiores valores, o que pode ter ocorrido devido ao excesso de radiação direta associado a altas temperaturas que pode ter levado a planta a um estado de estresse fisiológico, impedindo o desenvolvimento normal da mesma, ao contrário do que acontece às plantas sombreadas.

Para a variável diâmetro do caule (Tabela 1), as cultivares que apresentaram os maiores valores foram Itapuã Super, Alface Crespa para Verão, Cinderela e Elba. Essa variável é indicativa de pendoamento, quanto maior o diâmetro haverá interferências metabólicas na produção da cultura, por apresentar produção de látex e sabor amargo as folhas. Santos et al. (2009), analisando esta característica sobre 14 cultivares de alface crespa no município de Cáceres - MT, também observaram diferença significativa para a variável diâmetro de caule como os resultados obtidos nesta pesquisa.

As cultivares Grands Rapids TBR e Simpson, apresentaram elevados valores em relação ao peso do caule (Tabela 1), evidenciando a contribuição principalmente do comprimento do caule para esta característica.

Assim como foi observado em relação à primeira época de cultivo, na segunda época (agosto a novembro) também se constatou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, em todas as características avaliadas (Tabela 2).

Em relação ao número de folhas, destacou-se a cultivar Vanda com média 28, diferindo das demais cultivares, sendo um grupo com valores intermediários, formado pelas cultivares Isabela 24, Alface Crespa para Verão 22 e Itapuã Super 21.

O maior número de folhas é uma característica desejável, por constituírem a parte comercial e o fato de a demanda ser por unidade e não por peso, observando assim a aparência, volume e número de folhas por cabeça (Filgueira, 2008; Diamante et al., 2013). Além do mais, maior quantidade de folhas por planta, resulta na maioria das vezes, maior área foliar, contribuindo para o aumento da massa fresca e, por conseguinte, da produtividade. Segundo Oliveira et al. (2004), na produção de alface a característica número de folhas está intimamente associada à temperatura do ambiente de cultivo e ao fotoperíodo.

Na segunda época de cultivo, as cultivares apresentaram maior variação em relação à quantidade de folhas produzidas, sendo algumas com grande número e outras com número reduzido de folhas, demonstrando a capacidade de adaptação de parte dos materiais à condição climática adversa, uma vez que no período foram registradas temperaturas 35,9 °C (Inmet, 2019). Para Sediya et al. (2009), a

característica número de folha é de grande interesse para uma boa produção e temperaturas muito elevadas aceleram a fase vegetativa da planta, fazendo com que ocorra o pendoamento precoce, à medida que ocorre a emissão do pendão floral há uma redução no número de folhas. Por isso se faz necessário obter cultivares com boa adaptabilidade e estabilidade (Queiroz et al., 2014).

Tabela 2. Valores médios do número de folhas (NF), Massa fresca da parte aérea (MFPA), Massa seca da parte aérea (MSPA), Comprimento do caule (C.C), Diâmetro do caule (D.C), Massa fresca do caule (MFC) de plantas de cultivares de alface do grupo crespa, cultivadas entre março e junho, no município de Uruçuí-PI. Fonte: Própria (2020).

Cultivares	NF	MFPA (g)	MSPA (g)	C.C (mm)	D.C (mm)	MFC (g)
Crespa para Verão	21,5 b	93,53 a	7,88 b	22,88 b	14,48 b	34,6 a
Cinderela	19,25 c	72,5 b	6,47 c	32,54 a	12,9 c	41,25 a
Elba	19,00 c	59,94 c	6,61 c	17,08 b	13,38 c	20,53 b
Mônica	15,25 d	65,89 c	6,47 c	18,26 b	15,09 b	22,17 b
Grands Rapids	13,83 d	38,17 d	4,86 d	37,61 a	11,26 d	36,15 a
Isabela	23,92 b	84,54 b	7,26 b	10,93 c	15,09 b	17,87 b
Vanda	27,5 a	110,46 a	9,45 a	17,63 b	17,30 a	32,37 a
Simpson	17,25 c	42,69 d	4,81 d	31,73 a	11,56 d	28,55 a
Itapuã Super	21,42 b	76,17 b	6,57 c	6,58 c	13,91 b	8,57 c
Média	19,88	71,54	6,71	21,69	13,89	26,9
CV (%)	22,93	32,50	27,87	42,01	16,51	49,21

Valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Para a massa fresca da parte aérea (Figura 4.B), houve diferença significativa entre as cultivares, sendo que a Vanda e a Alface Crespa para Verão apresentaram os maiores valores, 110,46 g e 93,53 g, respectivamente. Estes resultados corroboram parcialmente com os evidenciados na primeira época de cultivo, uma vez que a Alface Crespa para Verão, dentre outras, se destacou quanto à massa fresca, diferentemente da cultivar Vanda, que apresentara massa fresca inferior.

A maior produção de massa fresca também se deve à própria característica botânica e hábitos de crescimento das cultivares, que normalmente produzem maior número de folhas, embora nem sempre o maior número de folhas represente maior rendimento, visto que esse acontecimento dependerá das cultivares que estão sendo estudadas e comparadas e também das condições de manejo e ambientais, conforme foi constatado por Silva et al. (2008).

Portanto, supõe-se que os menores valores expressados pelas demais cultivares devam-se ao menor grau de tolerância às temperaturas mais elevadas associadas à radiação, no período de agosto a

novembro. Tais condições aceleram o metabolismo e as reações químicas das plantas, favorecendo o rápido crescimento e desenvolvimento da cultura (Oliari et al., 2010; Silva, 2014). Desta forma, a planta completa rapidamente o seu ciclo vegetativo, ocorre o pendoamento precoce e os produtores são obrigados a colher plantas com menor massa fresca, sem que as cultivares tenham expressado todo o seu potencial genético (Santana et al., 2005).

Valores de massa fresca bem inferiores foram obtido por Rodrigues et al. (2008), ao avaliarem oito cultivares de alface nas condições climáticas da região de Manaus sob cultivo a campo, que não verificaram efeito significativo para a massa fresca, cujo valor médio foi de 70,86 g.planta⁻¹. Ramos et al. (2003), analisando características agronômicas, bioquímicas e fisiológicas de sete cultivares de alface do tipo crespa, em Vitória da Conquista-BA, constataram que a massa fresca não apresentou diferença significativa entre as cultivares, com valor médio 213,5 g.planta⁻¹. Segundo Yuri et al. (2006), a massa fresca é uma característica importante quando se avalia aspectos de comercialização, sendo necessário uma boa sanidade de folhas, caule pequeno e coloração verde claro.

Os resultados confirmam as informações de Nespoli et al. (2009) e Queiroz et al. (2014), cuja variação de desempenho de diferentes genótipos de alface tem sido observada nas diversas regiões do Brasil, onde cada cultivar expressa de forma distinta seu potencial genético quando submetidas em diferentes condições ambientais.

Em relação à massa seca da parte aérea (Tabela 2), a cultivar Vanda sobressaiu sobre as demais, com valor médio 9,45 g, o que não foi observado no cultivo entre março e junho. Blat et al. (2011), estudando o desempenho de cinco cultivares de alface crespa em Ribeirão Preto-SP, constataram massa seca das cultivares em média de 6,4 g.planta⁻¹. Tal fato pode ser explicado pela situação da fotossíntese elevada e acúmulo de matéria seca. Resultado semelhante foi obtido por Ferreira et al. (2014), que atribuíram esse fenômeno a maior capacidade de as plantas produzirem fotossintatos. Segundo Fu e Wu (2012), como a alface apresenta fotoinibição, condições de temperatura e luminosidade amenas são importantes para maior eficiência do fotossistema, carboxilação do CO₂ e acúmulo de matéria seca.

Já quanto à variável comprimento do caule (Tabela 2), que é um dos fatores indicativos de tolerância ou de sensibilidade ao pendoamento, as cultivares Grands Rapids TBR e Simpson apresentaram os maiores valores assim como foi observado na primeira época de cultivo.

Estes resultados corroboram com Ferreira et al., (2009) ao estudarem a cultivar Simpson em Rio Branco-AC, obtiveram elevado crescimento do caule caracterizando o pendoamento precoce, os autores relatam que este fenômeno correspondeu ao alongamento do caule que antecede a floração desqualificando a cultivar Simpson para o mercado, por elevar a produção do látex neste período, característica indesejável para alface.

A cultivar Simpson avaliada por Léo et al. (2000), também nas condições climáticas de Rio Branco, apresentou pendoamento precoce, com comprimento do caule de 23,1 cm no momento da

colheita, resultado semelhante ao obtido neste trabalho na condição de campo. Segundo esses autores, os produtores comercializam esta cultivar com caule longo para obter maior massa da planta. No mercado local esta cultivar é comercializada mesmo quando apresenta 44,5 cm de comprimento de caule (Ferreira et al., 2009). Desta forma, demonstraram sensibilidade ao pendoamento precoce, por terem apresentado maiores comprimentos de caule, tornando um aspecto negativo, por apresentam perda de material e por consequência diminuição do rendimento (Yuri et al. 2004).

O comprimento e o diâmetro do caule são duas características de relativa importância para a cultura da alface, uma vez que é indesejável um caule que apresente grandes proporções (Mota et al., 2016).

O diâmetro médio de caule das cultivares avaliadas foi de 1,38 cm.planta⁻¹, sendo que a cultivares Vanda seguida pelas cultivares Mônica SF 31, Isabela, Alface Crespa para Verão e Itapuã Super foram as que apresentaram maiores valores (Tabela 2).

É importante destacar que o maior diâmetro do caule normalmente tem correlação positiva com o número de folhas, haja vista que caule mais espesso proporciona maior e melhor inserção das folhas. Não por acaso, a cultivar Vanda apresentou maior diâmetro do caule e maior número de folhas. Comportamento semelhante ao da cultivar Crespa para Verão na primeira época de cultivo, quando apresentou número de folhas e diâmetro do caule superiores.

Lima et al. (2016), avaliando cultivares do grupo crespa nas condições de Jataí-GO, verificaram valores médios com diâmetros de caule 2,9 e 3,0 cm. Já Suinaga et al. (2013), avaliando desempenho de 20 cultivares de alface crespa em Gama-DF, observaram que a cultivar Solaris apresentou diâmetro do caule (5,1 cm). O diâmetro do caule é de grande importância para a indústria de fast food, pois, este é retirado manualmente para posterior fatiamento da cabeça da alface, quanto mais grosso é o caule mais rápido ele é retirado, aumentando o rendimento industrial (Mota, 1999).

Entretanto, os valores apresentados para variável massa fresca do caule, destacaram as cultivares Cinderela, Grands Rapids TBR, Alface Crespa para Verão, Vanda, Simpson, possivelmente, reflexo dos teores elevados de água nos tecidos (Tabela 2).

Diante do exposto, é notório o comportamento diferenciado das cultivares de alface do tipo crespa em relação às épocas em que foram cultivadas no município de Uruçuí-PI, comprovando a interação genótipo x ambiente.

Portanto, corrobora com os resultados de diversas pesquisas e ratifica a necessidade do desenvolvimento e/ou identificação de cultivares adaptadas às diferentes regiões e épocas de cultivo; além do emprego de técnicas culturais para melhoria do ambiente de cultivo, de modo a possibilitar aumento de produtividade mesmo em locais que apresentam condições climáticas desfavoráveis à cultura.

CONCLUSÕES

As cultivares alface Crespa para Verão e Itapuã Super, apresentaram melhor desempenho na primeira época de cultivo (março a junho).

Na estação característica de clima quente e seco (agosto a novembro) sobressaíram a cultivar Vanda, seguida da Isabela e Crespa para Verão.

As cultivares Elba, Mônica SF 31, Grands Rapids e Simpson, não são indicadas para cultivo no município de Uruçuí-PI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aquino CR et al. (2017). Desempenho de cultivares de alface sob cultivo hidropônico nas condições do norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 11(3): 1382 -1388.
- Bezerra Neto F et al. (2005). Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. *Horticultura Brasileira*, 23(2): 189-192.
- Blat SF et al. (2011). Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. *Horticultura Brasileira*, 29(1): 135-138.
- Blind DA et al. (2015). Desempenho produtivo de cultivares de alface americana na estação seca da amazônia central. *Bioscience Journal*, 31, 404-414.
- Brzezinski CR et al. (2017). Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. *Revista Ceres*, 64(1): 83-89.
- Cock WRS (2002). Biometrical analysis of phosphorus use efficiency in lettuce cultivars adapted to high temperatures. *Euphytica*, 126: 299-308.
- Demartelaere ACF et al. (2020). A influência dos fatores climáticos sob as variedades de alface cultivadas no Rio Grande do Norte. *Brazilian Journal of Development*. 90363-90378. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/20216/16194>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- Diamante MS et al. (2013). Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. *Revista Ciência Agronômica*, 44(1):133-140.
- EMBRAPA (2002). Determinação de matéria seca e umidade em forno de micro-ondas doméstico: Soluções tecnológicas. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/711/determinacao-de-materia-seca-e-umidade-em-forno-de-microondas-domestico>. Acesso em: 18 set. 2019.
- Ferreira DF (2011). Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6): 1039-1042.
- Ferreira RLF et al. (2009). Combinações entre cultivares, ambientes, preparo e cobertura do solo em características agronômicas de alface. *Horticultura Brasileira*, 3(27): 383-388.

- Ferreira RLF et al. (2014) Produção orgânica de alface em diferentes épocas de cultivo e sistemas de preparo e cobertura de solo. *Bioscience Journal*, 30: 1017-1023.
- Filgueira FAR (2008) Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV. 421p.
- Fu W et al. (2012). Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. *Scientia Horticulturae*, 135: 45-51.
- Gomes LAA (2014). Tecnologias para produção de alface em clima quente. In: Congresso Brasileiro de Olericultura. ABH. Acesso em: 07 nov. 2020.
- Grangeiro LC et al. (2006) Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. *Horticultura Brasileira*, 24: 190-194.
- Hotta LFK (2008). Interação de progênies de alface do grupo americano por épocas e cultivo. Botucatu: UNESP. 87. (Dissertação mestrado).
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2019). Dados de temperatura máximas, médias e mínimas/estação meteorológica de Cáceres-MT. Disponível em:<http://www.inmet.gov.br/temperatura/caceres.html>. Acesso em: 04 de jan. 2021.
- Lêdo FJS et al. (2000). Avaliação de cultivares e híbridos de repolho no Estado do Acre. *Horticultura Brasileira*, 18: 138-140.
- Lima JCS et al. (2016). Desempenho de cultivares de alface do grupo crespa em Jataí-GO. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 20. Anais. São José dos Campos: UNIVAP. Disponível em: Acesso em: 19 fev. 2020.
- Magalhães FF et al. (2015). Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. *Water Resources and Irrigation Management*, 4(1-3): 41-50.
- Medeiros et al. (2018). Classificação Climática De Köppen Para O Estado Do Piauí – Brasil. *Equador: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí*, 9(3): 82-99.
- Moreira GR et al. (2014). Herança de caracteres de resistência por antixenose de *Solanum pennellii* à traça-do-tomateiro em cruzamento com ‘Santa Clara’. *Horticultura Brasileira*, 31(4): 574-581.
- Mota JH (1999). Efeito do Cloreto de Potássio via fertirrigação na produção de alface americana em cultivo protegido. Lavras: UFLA. 46. (Tese).
- Mota JH et al. (2016). Produção de alface americana em função da adubação nitrogenada nas condições de primavera em Jataí-Go. *Revista de Agricultura*, 91(5): 156-164. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/147154/1/Milanez2016.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- Nespoli A et al. (2009). Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 49. Anais. ABH. Disponível em: Acesso em: 19 fev. 2020.


- Oliari IC et al. (2010). Efeito da restrição de luz solar e aumento da temperatura no crescimento de plantas de rabanete. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, 3: 83-88.
- Oliveira ACB et al. (2004). Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. *Acta Scientiarum, Agronomy*, 26(2): 211-217.
- Queiroga RCF et al. (2001). Produção de alface em função de cultivares e tipos de tela de sombreamento nas condições de Mossoró. *Horticultura Brasileira*, 19(3): 192-196.
- Queiroz JPS et al. (2014) Estabilidade fenotípica de alfaces em diferentes épocas e ambientes de cultivo. *Revista Ciência Agronômica*, 45(2): 276-283.
- Ramos PAS et al. (2003) Comportamento de cultivares de alface tipo crespa cultivadas em solo e em hidroponia. In: Congresso Brasileiro De Olericultura, 43. Anais. ABH. Disponível em: Acesso em 19 fev. 2020.
- Resende GM et al. (2003). Efeitos de tipos de bandejas e idade de transplântio de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade de alface americana. *Horticultura Brasileira*, 21: 562-567.
- Resende GM et al. (2005). Resposta da alface americana (*Lactuca sativa* L.) a doses e épocas de aplicação de cobre. *Ciência Agrotecnologia*, 29: 1209-1214.
- Rodrigues IN et al. (2008). Desempenho de cultivares de alface na região de Manaus. *Horticultura Brasileira*, 26(4): 524-527.
- Sala FC et al. (2012). Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, 30(2): 187-194.
- Santana CVS et al. (2005). Influência do sombreamento na produção de alface nas condições climáticas do semiárido nordestino. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 45. Resumos. SOB (CD-ROM).
- Santos CL et al. (2009). Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas em Cáceres - MT. *Agrarian*, 2(3): 87-98.
- Sediyama MAN et al. (2009). Desempenho de cultivares de alface para cultivo hidropônico no verão e no inverno. *Científica*, 37(2): 98-106.
- Silva et al. (2008). Efeito da adubação foliar com Ca e B na produtividade, em cultivares de alface, produzidas em sistema hidropônico. In: 48º Congresso Brasileiro de Olericultura. Anais.
- Silva ACF et al. (1995). Produção de sementes de alface em pequena escala. *Agropecuária Catarinense*, 8(1): 41-44.
- Silva OMP (2014). Desempenho produtivo e qualitativo de cultivares de alface em diferentes épocas de plantio em Mossoró-RN. 104. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Pró Reitoria de Pós-Graduação. Universidade Federal Rural do Semiárido. Disponível em: <https://ppgfito.ufersa.edu.br/wpcontent/uploads/sites/45/2015/02/Dissertação-2014-Otacia-Maria-Dosprazeres-Da-Silva.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2020

- Sousa VS et al. (2018). Desempenho de alfaces do grupo solta crespa cultivadas no verão em Jataí-Go. *Cultura Agrônômica: Revista Ciências Agrônômicas*, 27(3):88-296.
- Suinaga FA et al. (2013). Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa. Brasília: Embrapa Hortaliças, 15. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 89).
- Tosta MS et al. (2009). Avaliação de quatro cultivares de alface para cultivo de outono em Cassilândia-MS. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 5: 30-35.
- Vargas PF et al. (2014). Alternativas ao pendoamento. *Revista Campos & Negócios*, 1(1):81.
- Yuri et al. (2005). Comportamento de cultivares de alface americana em Santo Antônio do Amparo. *Horticultura Brasileira*, 23: 870-874.
- Yuri JE et al (2002). Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança. *Horticultura Brasileira*, 20: 229-232.
- Yuri JE et al. (2004). Comportamento de cultivares e linhagens de alface americana em Santana da Vargem (MG), nas condições de inverno. *Horticultura Brasileira*, 22: 322-325.
- Yuri JE et al. (2006). Competição de cultivares de alface-americana no sul de Minas Gerais. *Caatinga*, 19(1): 98-102.
- Yuri JE et al. (2017). Desempenho agrônômico de genótipos de alface americana no Submédio do Vale do São Francisco. *Horticultura Brasileira*, 35(2): 292-297.


Marcadores moleculares utilizados para estudo da diversidade genética de plantas ameaçadas de extinção no Brasil

Recebido em: 15/05/2021


Aceito em: 18/05/2021


 10.46420/9786588319703cap12

Maria de Fatima Ribeiro Chicatte Lima^{1*} 


Letícia Cezar Kraetzig¹ 

Francisco Boelter Praça¹ 

Laura Wobeto Burtet¹ 

Raquel Stefanello¹ 

Tiago Azevedo Pereira¹ 

Estêvão de Lima Benhard¹ 

Liliana Essi¹ 

INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um país mega diverso, com diferentes biomas que permitem o desenvolvimento, reprodução e propagação de grande variedade de espécies. As plantas compõem um dos grupos mais estudados no Brasil, por sua grande diversidade e seus diversos usos. De acordo com a Flora do Brasil (Flora do Brasil, 2020), o Brasil apresenta 4.993 espécies de Algas, 35.553 espécies de Angiospermas, 1.610 espécies de Briófitas, 6.320 espécies de Fungos, 114 espécies de Gimnospermas e 1.403 espécies de Samambaias e Licófitas. Considerando apenas os grupos classicamente tratados como plantas (plantas avasculares, plantas vasculares sem sementes, gimnospermas e angiospermas), são 38.680 espécies de plantas (Flora do Brasil, 2020). Destas, aproximadamente 19.700 são consideradas endêmicas do país (Flora do Brasil, 2020).

A biodiversidade de plantas está cada vez mais em declínio no mundo e muitas espécies de plantas são consideradas ameaçadas de extinção. Essa perda de biodiversidade pode ser causada por muitos fatores, naturais ou de causa antrópica, como fragmentação e redução de hábitat, impactando diretamente na redução da biodiversidade (Forgiarini et al., 2017; Alencar et al., 2018; Planchuelo et al., 2020). Acredita-se que muitas espécies já foram extintas sem mesmo terem sido conhecidas (descritas) pela ciência (Sodhi et al., 2009; Brummitt et al., 2015). O estudo da biologia das espécies é essencial para a conservação das mesmas, e uma das estratégias para embasar as políticas conservacionistas é a geração de listas de espécies ameaçadas – as Listas Vermelhas. Tais listas dão o indicativo de *status* de conservação

¹ Universidade Federal de Santa Maria

*Autora correspondente: mchicatte1995@gmail.com

individual de cada espécie na natureza, sendo de extrema importância para o aumento da conservação (Ibrahima et al., 2013; Forgiarini et al., 2017).

Infelizmente, para as espécies ameaçadas de extinção existe uma grande deficiência de dados importantes para a caracterização das mesmas, os quais são essenciais para gerar estratégias de conservação e até mesmo para fundamentar estudos futuros. Dados sobre a genética das populações naturais, por exemplo, são muito importantes na compreensão das espécies, mas paradoxalmente são escassos para as espécies de plantas ameaçadas de extinção no Brasil, como demonstraram Essi et al. (2020).

Dentre os estudos genéticos que contribuem com informações relevantes para a conservação das espécies, têm-se os estudos com marcadores moleculares. Nas últimas décadas, os estudos utilizando marcadores têm avançado, permitindo entender polimorfismos e variações que existem no DNA dos organismos e encontrar informações importantes sobre a genética e as relações taxonômicas e evolutivas de diversos indivíduos (Grover et al., 2016).

Os marcadores moleculares permitem analisar a variabilidade do DNA em sítios específicos do genoma. Considera-se como um marcador molecular qualquer fenótipo molecular resultante de um gene expresso, como no caso de isoenzimas, ou de um fragmento específico de DNA, permitindo observar o polimorfismo, ou seja, as diferenças genéticas que existem entre os indivíduos (Faleiro et al., 2011; Segatto et al., 2017; Zanella et al., 2017).

A tecnologia de marcadores moleculares teve um grande avanço, onde os métodos iniciais eram baseados em fenotipagem e isoenzimas, e paulatinamente foram sendo substituídos por métodos baseados em sequências de DNA (Nadeem et al., 2018). Há várias formas de agrupar os diferentes tipos de métodos para acesso à informação genética. Milach (1998) organiza os marcadores conforme o método de detecção: por hibridização ou por PCR (Reação em Cadeia da Polimerase). Também podemos agrupar os métodos de acordo com a forma em que o resultado é “lido”: marcadores baseados em padrão de bandas e marcadores obtidos pela leitura direta da sequência de DNA. Em geral, os marcadores moleculares baseados em padrões de bandas são separados em dois grupos principais: marcadores dominantes e codominantes. Os marcadores dominantes permitem perceber a presença ou ausência de bandas, já os marcadores codominantes permitem determinar a frequência alélicas nos *loci* (Fu et al., 2013; Al-Samarai et al., 2015; Nadeem et al., 2018).

Para a avaliação da diversidade genética de diferentes espécies, vários tipos de marcadores moleculares podem ser utilizados (Ravi et al., 2003). Segundo Arif et al. (2011), os marcadores de DNA nuclear mais frequentemente utilizados para a conservação são os RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*), em que se utiliza apenas um *primer* de sequência de nucleotídeo arbitrária, amplificando sequências aleatórias de DNA genômico (Cordeiro et al., 2019). Os marcadores AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) são obtidos através de uma combinação de digestão do DNA com enzimas de restrição e

PCR: uma técnica baseada em PCR que usa a amplificação seletiva de DNA digeridos para gerar e analisar sequências de interesse (Paun et al., 2012).

Os marcadores SSR (*Simple Sequence Repeat*), também conhecidos como microssatélites, empregam regiões de um a seis pares de bases repetidas *em tandem* no genoma (SSR) na análise, e são muito utilizados na análise da diversidade genética por serem relativamente abundantes e amplamente dispersos pelo genoma (Feng et al., 2016). Os ISSR (*Inter Simple Sequence Repeat*) são marcadores de alta reprodutibilidade, apresentando abundância de laços polimórficos, já que eles se anelam em regiões específicas do genoma, ou seja, os *primers* se anelam nos SSR (Domingues et al., 2017; Nikanta et al., 2017). Embora nesta técnica o *primer* anele em um SSR conhecido, a região amplificada (região entre dois SSR adjacentes) é desconhecida, e o padrão de bandas é bastante variável. Esta técnica, assim como RAPD, tem sido muito utilizada quando existe pouca ou nenhuma informação sobre o genoma da espécie-alvo.

Considerando o acesso direto a sequências de DNA, dos três genomas vegetais (nuclear, plastidial e mitocondrial), o genoma mitocondrial é o menos utilizado, ao contrário de estudos com animais, em que genes mitocondriais, tais como COI (citocromo oxidase C subunidade I) são muito populares (Neves et al., 2011). Para plantas, os genes ou espaçadores nucleares constituem um grupo de marcadores genéticos preferidos para a identificação de espécies, por serem altamente regiões repetidas, contendo regiões variadas flanqueadas por sequências de DNA mais conservadas, como também para a reação de PCR se utiliza *primer* universais (Patwardhan et al., 2014). Também são muito utilizados os genes ou espaçadores plastidiais, que possuem fácil amplificação, sequenciamento e alinhamento múltiplo, em que a quantidade de variação exibida é suficiente para analisar diversidade genética (Simeone et al., 2013).

Embora os estudos genéticos sejam de extrema importância para a conservação de espécies, nem sempre a escolha do marcador molecular para iniciar um estudo é uma tarefa fácil. Dentre as diversas opções de marcador, é necessário avaliar o custo-benefício, exequibilidade, necessidade de conhecimento prévio do genoma da espécie ou não, aceitação da técnica na comunidade científica, dentre outros fatores. Para espécies ameaçadas, que são particularmente difíceis de localizar e coletar, este cuidado deve ser redobrado. Também a urgência dos estudos interfere na escolha do marcador. Não se pode desperdiçar material e tempo.

Para auxiliar nesta tarefa, foi realizada uma revisão sobre estudos de genética de populações de espécies de plantas brasileiras ameaçadas de extinção, procurando identificar quais foram os marcadores moleculares mais utilizados pela comunidade científica nos últimos 15 anos. Espera-se que os resultados apresentados auxiliem os pesquisadores na seleção de marcadores moleculares para aqueles que se engajarem em estudos com genética de populações de espécies de plantas ameaçadas do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma revisão de literatura em busca de estudos genéticos de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Para tal, as espécies vegetais listadas no site do Centro Nacional de Conservação da Flora (CNC Flora, <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal>) como ameaçadas (Vulneráveis - VU, Ameaçadas - EN, Criticamente Ameaçadas - CR) ou da categoria de deficiente de dados (DD) foram organizadas em planilhas. Após isso, para cada espécie foi realizada uma busca bibliográfica avançada no site “Periódicos Capes” (<http://www.periodicos.capes.gov.br>), contendo como critérios de busca: “espécie” (nome científico binomial sem autor de espécie, como um termo de pesquisa exclusivo), AND, genet*. Foram considerados os nomes aceitos e sinônimos relevantes citados no próprio CNC Flora. Foram considerados apenas artigos, publicados do ano de 2006 até 2021. Os resultados de cada busca foram depurados, separando apenas aqueles artigos que utilizaram de marcadores moleculares num contexto de genética de populações, em estudos no território brasileiro (ou envolvendo populações naturais das espécies no Brasil, para aquelas espécies ameaçadas não endêmicas). Os resultados obtidos foram compilados em planilhas, para somatório e identificação dos marcadores moleculares mais utilizados. As técnicas e marcadores citados nos artigos foram categorizados em dois grupos principais: marcadores baseados em padrões de bandas e marcadores baseados em sequências de DNA. Os marcadores baseados em padrões de bandas foram classificados em dominantes ou codominantes. Já os marcadores baseados em sequências de DNA foram separados conforme o genoma de origem: plastidial, nuclear ou mitocondrial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo CNC Flora (2020) existem 2.953 espécies de plantas ameaçadas de extinção no Brasil. Destas, foram encontrados na busca estudos para apenas 137 espécies, com os critérios escolhidos. Para estas espécies, obteve-se um total de 3.126 resultados de busca, porém apenas 194 resultados atendem ao escopo de trabalho buscado. Esses artigos incluíram diferentes tipos de técnicas, apresentadas na Tabela 1, tais como marcadores dominantes de DNA (ISSR, AFLP, RAPD), marcadores de DNA codominantes (RFLP - *Restriction Fragment Length Polymorphism* - e SSR), marcadores de proteínas (isoenzimas e aloenzimas), como também sequenciamento de DNA (genes, espaçadores, introns ou sequenciamento genômico e outras sequências analisadas como SNPs - *Single Nucleotide Polymorphism*). Alguns artigos apresentaram o uso de mais de um tipo de marcador, totalizando 231 para 194 artigos.

Os marcadores mais usados foram os SSR (64 estudos), seguido de genes plastidiais (56 estudos), genes nucleares (32 estudos), AFLPs (30 estudos), ISSRs (17 estudos) e RAPDs (16). Também foram encontrados estudos utilizando isoenzimas/aloenzimas (9), SNPs (5). Um estudo envolveu sequenciamento de genoma.

Uma grande variedade de genes ou espaçadores plastidiais foi utilizada nos estudos. Alguns espaçadores muito citados foram: rpl32-trnL, rps16-trnK, trnD-trnT, psbC-trnS e trnS-trnfM, atpB-rbcL, trnS-psbC, rbcL, psbA-trnH, trnL, trnQ-rpS16, trnT-F, trnS-G, trnH-psbA, trnD-T, rps16, matK e trnL-trnF. Com relação aos genes ou espaçadores do genoma nuclear, o destaque são os ITS (*Internal Transcribed Spacers*). Não foram encontrados estudos com genes mitocondriais com nossos critérios de busca.

Tabela 1. Número de artigos sobre diversidade genética de espécies de plantas ameaçadas de extinção no Brasil, separados por tipo de marcador molecular utilizado no estudo. *Artigos utilizando mais de um marcador foram contabilizados duplamente. **Sequências de DNA identificadas nos artigos como SNPs foram contabilizadas separadamente na tabela, mesmo que pudessem ser enquadradas em outras categorias da tabela (classificação acompanhou o descrito em cada artigo). Fonte: os autores.

Tipo de marcador	Subtipo de marcador	Técnica	Número de artigos utilizando esse marcador*
Marcadores baseados em padrões de bandas de DNA	Marcadores Dominantes	RAPD	16
		ISSR	17
		AFLP	30
	Marcadores Codominantes	SSR	64
		RFLP	1
Marcadores baseados em sequências de DNA	Genes ou espaçadores nucleares		32
			56
	Outros	SNPs**	5
		Sequenciamento do genoma	1
Outros marcadores moleculares	Alozimas ou izoenzimas		9

Existe uma evidente carência de estudos genéticos específicos para a conservação das espécies ameaçadas de extinção em comparação com o elevado número de espécies na lista vermelha nacional (Essi et al., 2020). Ainda que insuficientes, os estudos disponíveis auxiliam no direcionamento para a escolha dos marcadores para espécies ameaçadas, bem como para nativas não ameaçadas. A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que o tipo de marcador molecular mais utilizado em espécies ameaçadas de extinção até o momento é o SSR. Esse achado corrobora com o apontado por Oleas et al. (2013) e por Paunescu (2009) para plantas em geral. Silva Junior et al. (2020) afirmam que esse marcador molecular é mais utilizado por apresentar alta reprodutibilidade e polimorfismo, promovendo

identificação simultânea de vários alelos, como também essas sequências *em tandem* estão distribuídas de forma uniforme pelo genoma, e possuem um melhor custo benefício.

Os genes ou espaçadores plastidiais também estão sendo muito utilizados em espécies ameaçadas de extinção, esse resultado também, foi encontrado por Jhon et al. (2019). Fragmentos plastidiais em geral são de fácil amplificação, esses genes apresentam um genoma conservado, de tamanho pequeno e estrutura simples (Liu et al., 2020). Yang et al. (2017) apontam que esse tipo de marcador molecular é essencial para reconstrução de filogenia, sendo de extrema importância para entender a história evolutiva de diferentes espécies de plantas ameaçadas de extinção.

Os genes ou espaçadores nucleares, em especial as sequências ITS, estão também entre os marcadores mais utilizados em espécies de plantas ameaçadas de extinção. Resultado semelhante foi encontrado por Al-Qurainy et al. (2013). Esse marcador apresenta grande variabilidade genética, por apresentar regiões com comprimentos variáveis devido a mutações pontuais e inserções ou deleções (Giudicelli et al., 2017). As sequências de ITS têm sido amplamente utilizadas, assim como os marcadores plastidiais, para compreender hipóteses filogenéticas ou em estudos de evolução molecular em plantas, como também incluindo vários níveis taxonômicos (Trifonova et al., 2016).

Também tem sido bastante utilizada a técnica de AFLP para obtenção de marcadores, por ser uma ferramenta eficaz para genética populacional de plantas, revelando um alto polimorfismo, principalmente para espécies que não possuem muitos estudos moleculares (Costa et al., 2016). Na busca realizada, observou-se que a maior parte dos estudos utilizando AFLP foram para estudo do palmitero, *Euterpe edulis* Mart., uma espécie ameaçada de grande importância comercial.

Marcadores dominantes como os ISSR tem sido pouco utilizado, comparados com os microssatélites, esses resultados reforçam os estudos feitos por Khan et al. (2012). Os marcadores ISSR possuem alto polimorfismo, não necessitam de estudos prévios da sequência de DNA, como também apresentam um baixo custo para o desenvolvimento (Vijayan, 2005; Silva et al., 2016; Guizado et al., 2020). São marcadores bastante úteis quando não se tem muita informação prévia sobre o genoma de uma espécie, do mesmo modo que os RAPDs, mas perdem para os SSRs em possibilidades de análises, visto que são marcadores dominantes, e a informação sobre os heterozigotos não fica disponível (Felix et al., 2020).

Existe uma grande demanda para o aumento de estudos com marcadores moleculares para espécies ameaçadas. Tais estudos têm sido uma ferramenta poderosa para entender as variações genéticas dentro e entre as populações ameaçadas de extinção. Também têm permitido uma análise mais aprofundada da dinâmica populacional, auxiliando na compreensão da dispersão, fragmentação e isolamentos das populações. Esses dados são de extrema importância para desenvolver estratégias de conservação, que levem em consideração a diversidade genética das espécies.

CONCLUSÃO

Os marcadores moleculares mais utilizados em estudos de diversidade genética em espécies de plantas ameaçadas de extinção no Brasil são SSR, genes ou espaçadores plastidiais, genes ou espaçadores nucleares, AFLP e ISSRs. Esses marcadores permitem analisar as variações genéticas que existem entre as populações de espécies ameaçadas de extinção, permitindo desenvolver estratégias de conservação para as mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencar JLM et al. (2018). Genetic and ecological niche modeling of *Calydorea crocoides* (Iridaceae): an endemic species of subtropical Highland Grasslands. *Genetics and Molecular Biology*, 41(1): 327-340.
- Al-Qurainy F et al. (2013). Assessment of phylogenetic relationship of rare plant species collected from Saudi Arabia using internal transcribed spacer sequences of nuclear ribosomal DNA. *Genetics and Molecular Research*, 12(1): 723-730.
- Al-Samarai FR et al. (2015). Molecular Markers: an Introduction and Applications. *European Journal of Molecular Biotechnology*, 9(3): 118-130.
- Arif IA et al. (2011). DNA marker technology for wildlife conservation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 18: 219-225.
- Brummitt NA et al. (2015). Green plants in the red: a baseline global assessment for the IUCN sampled red list index for plants. *PLOS One*, 10(8):0135152.
- Cordeiro G et al. (2019). Molecular identification of three species of *Oncideres* (Coleoptera: Cerambycidae) using RAPD markers. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91(3): e20180209.
- Costa R et al. (2016). Comparison of RAPD, ISSR, and AFLP Molecular Markers to Reveal and Classify Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) Germplasm Variations. *PLoS ONE* 11(4): 0152972.
- Domingues SD et al. (2017). Selection of primers for Inter Simple Sequence Repeats (ISSR) in *Cereus* sp. (Cactaceae). *Revista Biotecnologia & Ciência*, 6(2): 46-54.
- Essi L et al. (2020). Threatened and understudied: the lack of genetic data of endangered Brazilian plant species. *Ciência e Natura*, 42.
- Faleiro FG et al. (2011). *Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária*. 1 ed. Embrapa Cerrados. 730p.
- Felix FC et al. (2020). Applications of issr markers in studies of genetic diversity of *Pityrocarpa moniliformis*. *Revista Caatinga, Mossoró*, 33(4): 1017-1024.
- Feng S et al. (2016). Development of SSR Markers and Assessment of Genetic Diversity in Medicinal *Chrysanthemum morifolium* Cultivars. *Frontiers in Genetics*, 7(113).


- Flora do Brasil (2020). Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ConsultaPublicaUC.do#CondicaoTaxonCP>>. Acessado em: 13/05/2021.
- Forgiarini C et al. (2017). Using population characteristics to evaluate the conservation status of endangered grassland species – The case of *Herbertia zebra* in southern Brazil. *Flora*. 119-125.
- Fu X et al. (2013). RADtyping: an integrated package for accurate de novo codominant and dominant RAD genotyping in mapping populations. *PLoS ONE* 8(11): e79960.
- Giudicelli GC et al. (2017). Secondary structure of nrDNA Internal Transcribed Spacers as a useful tool to align highly divergent species in phylogenetic studies. *Genetics and Molecular Biology*, 40(1): 191-199.
- Grover A et al. (2016). Development and use of molecular markers: past and present. *Critical reviews in biotechnology*, 36(2): 290-302.
- Guizado SJV et al. (2020). Genetic diversity and population structure of endangered rosewood from the Peruvian Amazon using ISSR markers. *Acta Amazonica*, 50(3): 204-212.
- Ibrahima MA et al. (2013). Significance of endangered and threatened plant natural products in the control of human disease. *PNAS*, 1010(42): 16832-16937.
- Jhon ALW et al. (2019). Genetic diversity and population structure of naturally rare *Calibrachoa* species with small distribution in southern Brazil. *Genetics and Molecular Biology*, 42(1): 108-119.
- Khan S et al. (2012). Biotechnological approaches for conservation and improvement of rare and endangered plants of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 19: 1-11.
- Liu L et al. (2020). The complete chloroplast genome of *Papaver setigerum* and comparative analyses in Papaveraceae. *Genetics and Molecular Biology*, 43(3): e20190272.
- Milach SCK (1998). Principais tipos de marcadores moleculares e suas características. In: *Marcadores Moleculares em Plantas*. Porto Alegre: UFRGS, 17-28.
- Nadeem MA et al. (2018). DNA molecular markers in plant breeding: current status and recent advancements in genomic selection and genome editing. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 32(2): 261-285.
- Neves SS et al. (2011). Plant DNA Sequencing for Phylogenetic Analyses: From Plants to Sequences. *Network Biology: Methods and Applications*, *Methods in Molecular Biology*. 183-235p.
- Nikanta H et al. (2017). ISSR Marker Based Population Genetic Study of *Melocanna baccifera* (Roxb.) Kurz: A Commercially Important Bamboo of Manipur, North-East India. *Hindawi Publishing Corporation Scientifica*. 2017: 9.
- Oleas NH et al. (2013). Molecular Markers and Conservation of Plant Species in the Latin-America: The Case of *Phaedranassa viridiflora* (Amaryllidaceae). *The Botanical Review*, 79:507–527.


- Patwardhan A et al. (2014). Molecular Markers in Phylogenetic Studies-A Review. *Phylogenetics & Evolutionary Biology*, 2(2):100013.
- Paun O et al. (2012). Amplified fragment length polymorphism: an invaluable fingerprinting technique for genomic, transcriptomic, and epigenetic studies. *Methods in Molecular Biology*, 862.
- Paunescu A (2009). Biotechnology for endangered plant conservation: a critical overview. *Romanian Biotechnological Letters*, 14(1): 4095-4103.
- Planchuelo G et al. (2020). Endangered plants in Novel Urban Ecosystems are filtered by strategy type and dispersal syndrome, not by spatial dependence on natural remnants. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8(18).
- Ravi M et al. (2003). Molecular Marker based Genetic Diversity Analysis in Rice (*Oryza sativa* L.) using RAPD and SSR markers. *Euphytica*, 133: 243–252.
- Segatto AL et al. (2017). Marcadores moleculares baseados na análise de sequências: utilização em filogenia e filogeografia. *Marcadores Moleculares na Era Genômica: Metodologias e Aplicações. Sociedade*, 77–94.
- Silva Junior MSFS et al. (2020). SSR and ISSR markers in assessing genetic diversity in *Gallus gallus domesticus*: a quantitative analysis of scientific production. *Ciência Rural*, 50(7): e20190401.
- Silva BM et al. (2016). Genetic diversity estimated using inter-simple sequence repeat markers in commercial crops of cupuassu tree. *Ciência Rural*, 46(1): 108-113.
- Simeone MC et al. (2013). Application of plastid and nuclear markers to DNA barcoding of Euro-Mediterranean oaks (*Quercus*, Fagaceae): problems, prospects and phylogenetic implications. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 172: 478–499.
- Sodhi NS et al. (2009). Causes and consequences of species extinctions. *The Princeton guide to ecology*, 1: 514-520.
- Trifonova AA et al. (2016). Analysis of the ITS1/ITS2 Nuclear Spacers and the Secondary Structure of 5.8S rRNA Gene in Endemic Species *Bellevalia sarmatica* (Pall. ex Georgi) Woronow and Related Species of the Subfamily Scilloideae. *Russian Journal of Genetics*, 52(5): 530–534.
- Vijayan K (2005). Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) Polymorphism and Its Application in Mulberry Genome Analysis. *International Journal of Industrial Entomology*, 10(2): 79-86.
- Yang R et al. (2017). Genetic structure and demographic history of *Cycas chenii*(Cycadaceae), an endangered species with extremely small populations. *Plant Diversity*, 39: 44-41.
- Zanella CM et al. (2017). Microssatélites: Metodologias de identificação e Análise. In: *Marcadores Moleculares na Era Genômica: Metodologias e Aplicações. Sociedade Brasileira de Genética*, 95-117.

Análise de transição do uso e cobertura do solo em área de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Maguari-açu/PA

Recebido em: 18/05/2021


Aceito em: 30/05/2021

 10.46420/9786588319703cap13

Rosigrêde Lima da Silva^{1*} 

Layse Gomes Furtado¹ 

Luís Rodolfo Reis Costa¹ 

Denis de Pinho Sousa¹ 

INTRODUÇÃO

O processo de ocupação territorial brasileiro desde os primórdios consiste na mudança da cobertura florestal nativa em decorrência de atividades antrópicas como a expansão da agropecuária, modificações na ocupação das terras e urbanização intensiva que exploram os recursos naturais a ponto de exauri-los, desprezando nessas áreas a importância ambiental e a sustentabilidade (Moreira et al., 2015).

As atividades antrópicas podem alterar significativamente a dinâmica dos processos hidrológicos em detrimento de modificar as propriedades de cobertura da vegetação ripária e perfil do solo, podendo acarretar em processos de erosão, assoreamento e enchentes (Coutinho et al., 2013).

Em função disso, áreas vegetadas situadas no entorno de cursos d'água são vistos como fundamentais para a preservação e conservação dos recursos naturais e do o fluxo gênico da fauna e flora (Freitas et al., 2013), sendo classificadas de acordo com o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/12) como Áreas de Preservação Permanentes (APPs).

A deficiência em fiscalizar áreas protegidas atreladas ao processo de urbanização sem elaboração de um plano culmina na degradação ambiental dessas áreas (Barbosa et al., 2011), conforme já observado nos trabalhos de Garcia et al. (2015) e Moreira et al. (2015), onde as zonas ripárias ao longo das bacias hidrográficas vem sofrendo intensas alterações, estando, portanto, em desconformidade com a legislação ambiental vigente que estabelece faixas de preservação das APPs de cursos d'água naturais (Brasil, 2012).

Uma alternativa que vem auxiliando no monitoramento e na aquisição de informações das APPs ao longo das bacias hidrográficas são as geotecnologias que possibilitam uma abordagem territorial de

¹ Discente do Curso de Especialização em Geoprocessamento e Georreferenciamento de Imóveis Rurais da Universidade Federal Rural da Amazônia - EGGIR/UFRA.

* Autora correspondente: rosigsilva@gmail.com

forma conjunta em ações de manutenção e recuperação de áreas degradadas, relacionando inclusive aspectos político-Socioeconômicos (Mascarenhas et al., 2009).

Diante disso, levando em consideração a expansão do processo de urbanização desordenado, através de ocupações irregulares dentro de áreas de vegetação ripária que são protegidas pela legislação e a falta de informações técnicas que possam auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas voltadas à preservação ambiental, o presente trabalho teve por objetivo analisar da degradação vegetal causada por atividades antrópicas ao longo das áreas de preservação permanente (APP) na bacia hidrográfica do rio maguari-açu, Ananindeua/PA.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a confecção deste artigo foi realizado o levantamento bibliográfico sobre o tema abordado e a coleta de dados cartográficos, por meio de artigos científicos disponibilizados em plataforma eletrônica como a SCIELO e pela base de dados fornecido por órgãos públicos oficiais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), respectivamente.

Os arquivos vetoriais de rodovia, hidrografia e limites municipais são oriundos do IBGE do ano de 2017 e 2018, a base de dados de desmatamento foram obtidas da FBDS do ano de 2020 e a imagem de satélite do RapidEye e Cbers 4 para o reconhecimento dos objetos na Área de Preservação Permanente (APP) da bacia, referente ao ano de 2013 e 2020, foram adquiridas do INPE e MMA.

Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Maguari-Açu (Figura 1) está localizada no município de Ananindeua no estado do Pará. Sua área compreende 21,22 km² e a nascente do seu rio principal (Maguari-Açu) tem como coordenadas geográficas 01° 19' 0,08" S e 48° 23' 20,95" W (Rodrigues, 2017). De acordo com a classificação de Strahler et al. (2005) o rio Maguari-Açu faz parte de um conjunto de rios de primeira ordem que nasce em relevo de topografia plana com suave declividade, cuja a cota altimétrica não excede a 20 metros (Conceição, 1998; Santos et al., 2017).

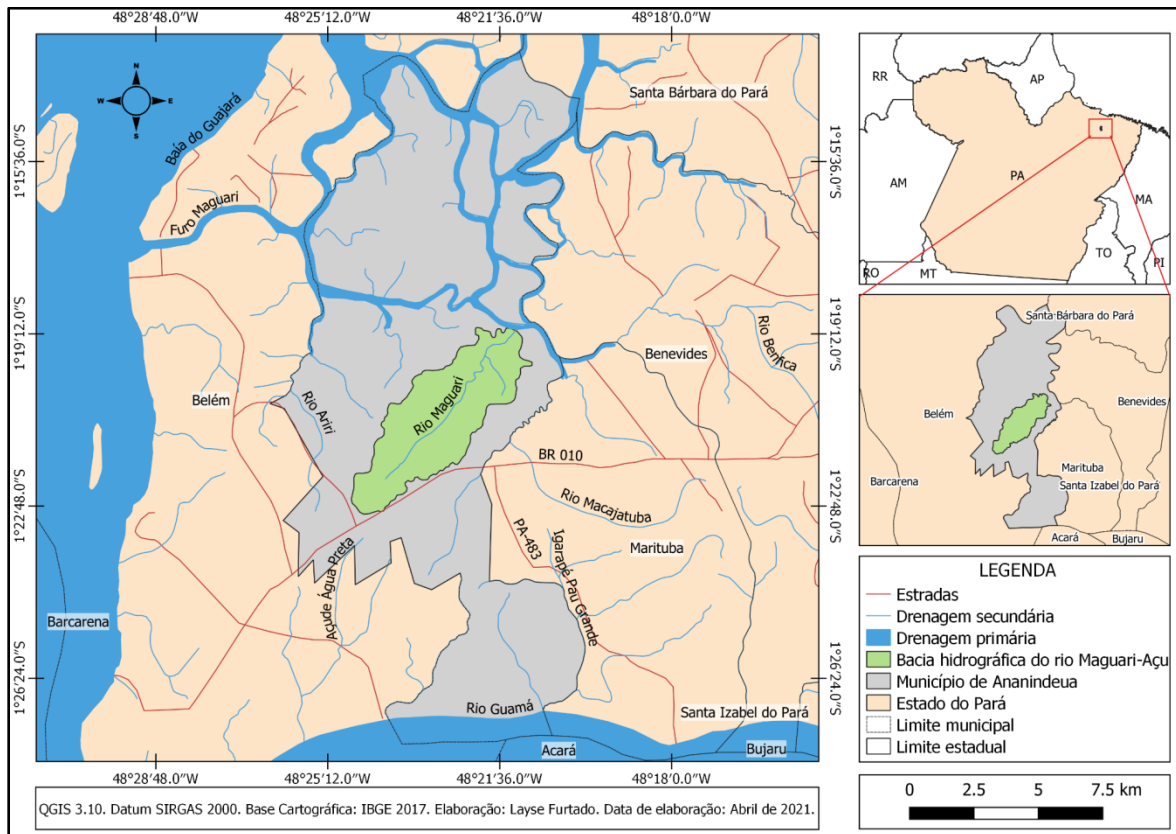


Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Maguari-Açu, Ananindeua/PA. Fonte: os autores.

Ao longo da bacia é constatado uma vegetação secundária em diversos estágios de desmatamento, em razão da retirada de parte dela para construção de empreendimentos e cultivos, e em áreas de várzeas ainda se encontra espécies nativas como Buruti (*Mauritia flexuosa*) (Santos et al., 2017). Essa supressão vegetal na bacia é decorrente das mudanças no padrão de uso e ocupação da terra no município, onde o mesmo apresenta espaços suscetíveis a projetos como condomínios horizontais e verticais, no entanto esses projetos têm interferido e alterando na paisagem, nos ecossistemas e na qualidade de vida local (Silva et al., 2012).

Quanto à classificação da bacia em relação aos padrões de drenagem é do tipo endorreicas, pois sua drenagem é interna desembocando em outro rio ou bacia, onde sua geometria fluvial é dentrítica. Já em relação ao rio Maguari-Açu é classificado como insequente, pois corre em área de topografia plana e de homogeneidade litológica (Christofoletti, 2009). As águas do rio Maguari-Açu desaguam no furo do Maguari, formando limite natural, ao Norte, com as ilhas João Pilato, Santa Rosa e Sassunema e, a Noroeste, com o município de Belém (Rodrigues, 2017).

A bacia apresenta em sua constituinte pedológica sedimentos Terciários de formação Barreiras e Quaternário recente subatual. Seu relevo é reconhecido na estrutura morfoestrutural chamada Planalto Rebaixado da Amazônia. Essas condições físico-naturais estão sobre influência de um clima Equatorial Quente e Úmido, com temperatura média de 25°C e com índice pluviométrico médio de 2550 mm a

2500 mm com certa regularidade, podendo intensificar-se entre os meses de janeiro a junho (Rodrigues, 2017).

Delimitação da Bacia Hidrográfica

Para a delimitação da bacia do rio Maguari-Açu foram utilizados o Modelo Digital de Elevação (MDE) da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponibilizados pelo United States Geological Survey (USGS) na plataforma Earth Explorer, com resolução espacial de 30 metros (USGS, 2021).

O processamento dos dados de elevação foi realizado no ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) com auxílio de da extensão Geographic Resources Analysis Support System (GRASS), o qual permitiu a edição, leitura e apresentação dos dados. Utilizou-se várias ferramentas do GRASS como `r.fillnulls` para o preenchimento dos vazios do MDE; `r.fill.dir` para a remoção das depressões espúrias; `r.watershed` para a obtenção da direção do fluxo do escoamento, o que permitiu a definição do sistema de drenagem pelo `r.stream.extract`, e por fim o `r.basin` para a aplicação de várias ferramentas hidrológicas de forma simultânea, como `r.streams` (Bruno et al., 2017; Neteler, 2005; Jenson et al., 1988; Jasiewicz et al., 2011).

Mapeamento do Desmatamento

Nesta etapa utilizou-se o mapeamento do uso e cobertura do solo por meio da classificação supervisionada de imagens RapidEye, ano de 2020. A escala utilizada nesse mapeamento foi de 1:10.000 e a acurácia mínima de todas as cenas foi de 95% (FBDS, 2020).

Foram mapeadas 6 classes de uso e cobertura, porém somente a classe de área antropizada será utilizada nesta pesquisa, por estar atrelada a área de desmatamento. De acordo com definição dessa classe, a área antropizada diz respeito a toda e qualquer área que sofreu uma conversão de floresta para uma atividade humana (pastagem, agricultura, etc.) (FBDS, 2020).

A partir da inserção do arquivo vetorial, correspondente a área antropizada, no software QGIS versão 3.10, fez-se o cálculo de área dessa classe associando-a com as áreas desmatadas em toda a APP.

Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo

Para realizar o mapeamento do uso e cobertura na APP da bacia do rio Murucupi, fez-se o uso da classificação não supervisionada baseada em objeto. Essa técnica utiliza algoritmos estatísticos para reduzir as informações da imagem de satélite em regiões (objetos) homogêneas, auxiliando em uma análise mais adequada da imagem (Sadeck, 2010). Em outras palavras, essa classificação está baseada no fato de que o algoritmo utilizado define as classes em estudo fundamentando-se em estatísticas pré-

estabelecidas, assim não necessitando do conhecimento prévio das classes existentes, pois o software em uso faz automaticamente o processo de segmentação de imagens (Venturieri et al., 1998).

A segmentação baseada em objeto leva em consideração várias características da imagem, como a diversidade espacial (forma), a diversidade espectral (cor) e a diferença dos objetos de entorno, empregando em síntese o método de crescimento de regiões para agregar pixels vizinhos. Tal processo finaliza quando o objeto ultrapassa a escala definida pelo usuário. Cabe destacar que essa heterogeneidade de cor e forma define a uniformidade dos objetos e a escala define o tamanho dos objetos (Sadeck, 2010).

As imagens de satélites utilizadas na classificação foram a RapidEye para o ano de 2013 e a Cbers 4 para o ano de 2020, ambas com resolução espacial de 5m. As classes adotadas para a pesquisa foram: vegetação secundária estágio inicial; vegetação secundária estágio médio; área antropizada e água (Figura 3). Ambas as etapas, de classificação e de quantificação de áreas por classe, foram realizadas no QGIS 3.10.

Tabela 1. Descrição das classes de uso e cobertura do solo encontradas na APP do rio Maguari-Açu, Ananindeua/PA. Fonte: os autores.

Classes	Descrição
Vegetação Secundária: Estágio Inicial	Áreas abandonadas após utilização do solo. Tem como características a presença de vegetação herbácea e arbustos com altura média de quatro metros.
Vegetação Secundária: Estágio Médio	Áreas que estão entre seis a quinze anos de sucessão ecológica depois do abandono do solo. Tem como características árvores com altura média de 12 (doze) metros.
Área Antropizada	Áreas que sofreram influência antrópica, com presença de atividade econômica, habitacional e de interesse social.
Água	Áreas alagadas ao longo das margens dos cursos d'água, tendo como influência as características geológicas da região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento de uso e cobertura do solo dos anos de 2013 e 2020 para as Áreas de Preservação Permanente (APP) da bacia do rio Maguari-Açu é apresentado na figura 2, juntamente com as áreas referente a cada classe temática de uso e cobertura. Nota-se nesta bacia o predomínio de áreas com vegetação secundária em estágio médio e inicial de sucessão tanto em 2013 como em 2020, verificado uma acentuada alteração da tipologia de vegetação em estágio médio do ano de 2013 onde se tinha uma

área de 110,252 ha (72,96%) passando a existir 51,445 ha (34,04%) da área de APP presente na bacia do rio Maguari-Açu.

Os processos de conversão podem ser mais percebidos na região central, com a presença de crescimento da vegetação secundária em estágio inicial proveniente de alterações realizadas ao longo do ciclo de 7 anos. A perda de vegetação pode ser percebida ao longo da análise de Santos e Ramos (2017), apontando-se uma perda de 53,81 % de sua cobertura vegetal ao longo de trinta anos (1986 - 2016), sendo em sua maioria em sua parte mais continental e não respeitando o limite de preservação das APPs.

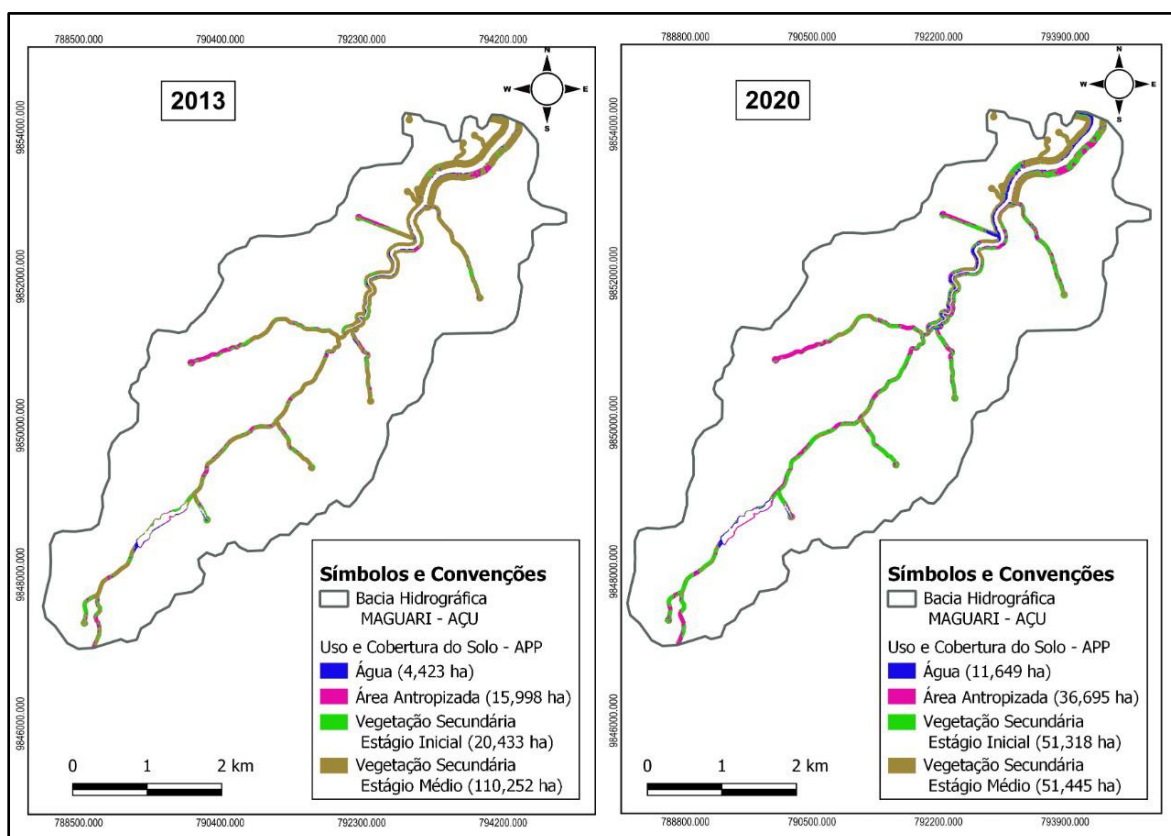


Figura 2. Uso e cobertura do solo para as Áreas de Preservação Permanentes do rio Maguari-Açu, Ananindeua - PA. Fonte: os autores.

Enquanto por outro lado percebe-se que áreas caracterizadas como edificadas (antropizadas) vêm se concentrando cada vez mais ao longo das margens dos cursos d'água possivelmente determinado por questões sociais como loteamento, Cardoso et. al. (2006) descreve que a expansão tem se dado de forma descontrolada, uma vez que a área da bacia é ocupada por habitações localizadas em terrenos ilegais, fora dos padrões vigentes, lotes de tamanhos e formas desiguais, construções não regularizadas por órgãos públicos ou precariedade de serviços públicos essenciais. Podendo contribuir para a insalubridade ambiental, diante da possível falta de planejamento urbano no município, algumas localidades se

desenvolveram desordenadamente, com condições de saneamento básico ineficientes para atender a demanda populacional (Portéglio et al., 2020).

De forma pontual podemos destacar a preservação da vegetação em estágio médio na porção mais ao norte da APP, onde podemos citar a presença de sua foz, tornando assim, o acesso mais complicado a determinadas regiões ao longo do curso d'água. Contudo pode-se observar ao longo da bacia o crescimento da infraestrutura para a região norte e consigo a inserção predominante de estruturas industriais, com presença de grandes empresas como: CBAA Asfalto e Madeireiras (Santos et al., 2017).

Tais processos de ocupação desenfreada ao longo das APPs da bacia podem ser muito bem verificados a partir do aumento das áreas antropizadas em 129,37% comparado a inicial de 15,998 ha em detrimento da diminuição significativa da vegetação arbórea. Tais processos de impactos sobre os recursos hídricos na área de estudo são reflexos da combinação de fatores naturais e do uso do solo, estes últimos relacionados ao rápido processo de expansão urbana (Pimentel et al., 2006).

A década de 1950 foi consolidada como o período do início da ocupação das áreas próximas às nascentes do rio Maguari-Açu, como é o caso da área, onde hoje está localizado o condomínio Lago Azul, onde foi feito o represamento do rio Maguari-Açu para formação de um lago, denominado "Lago Azul", com o intuito de proporcionar uma área de recreação e lazer para os moradores, o lago possui aproximadamente 2,5 m de profundidade, cerca de 1.300 m de extensão, chegando a atingir 130 m de largura (Silva, 2012).

A diminuição da classe de Vegetação Secundária: Estágio Médio (VSEM) pode ser destacado pela forte pressão do crescimento populacional exerce sobre as APPs, podendo ser visualizada pela aquisição de 14,24 ha de Área Antropizada (AA) no período avaliado, (Tabela 2), sendo que a grande maioria das áreas alteradas em torno de 37,61 ha teve sua conversão a estágio inicial de sucessão, fator determinado pelo abandono das mesmas depois de alterado.

Além da classe VSEM, a formação de Vegetação Secundária em Estágio Inicial (VSEI), também vem perdendo espaço à expansão urbana tendo 23,60% (8,66 ha) de sua área destinada às atividades inerentes a essa classe, principalmente, para a formação de loteamentos vinculados ao governo federal através de programas como minha casa minha vida agora conhecida como minha casa azul e amarela, moradias isoladas e até mesmo unidades industriais que vêm se intensificando na região nordeste da bacia. A análise de persistência mostra que ao apresentar alto valor de persistência líquida (49,68 ha), a classe VSEM pode ser considerada fragilizada e suscetível a perder áreas para outras classes como a antropizada tendo um destino estabelecido em sua grande maioria para características residenciais e ou industriais.

Tabela 2. Matriz de conversão de classes ao longo de 7 anos nas áreas de preservação permanente. Ananindeua-PA, 2021. Fonte: os autores.

2013/2020	Água	Área Antropizada	VSEI*	VSEM**
Água	1,93	1,99	0,35	0,15
Área Antropizada	0,30	11,81	3,63	0,26
VSEI*	0,68	8,66	9,73	136
VSEM**	8,73	14,24	37,61	49,68

VSEI*: Vegetação Secundária: Estágio Inicial; VSEM**: Vegetação Secundária: Estágio Médio

De acordo com a figura 3, podemos perceber que a classe de VSEM ao longo dos anos de 2013 a 2020 teve uma perda acumulada de 60,57 ha, sendo o mesmo distribuído ao longo das classes de VSEI e AA tendo essas áreas maior tendência a se expandir em detrimento às outras classes que persistem, já que apresentou valor positivo de ganho acumulado de 41,59 ha e 24,89 ha, respectivamente, não apresentando tendência a perder área para outros tipos de classe.

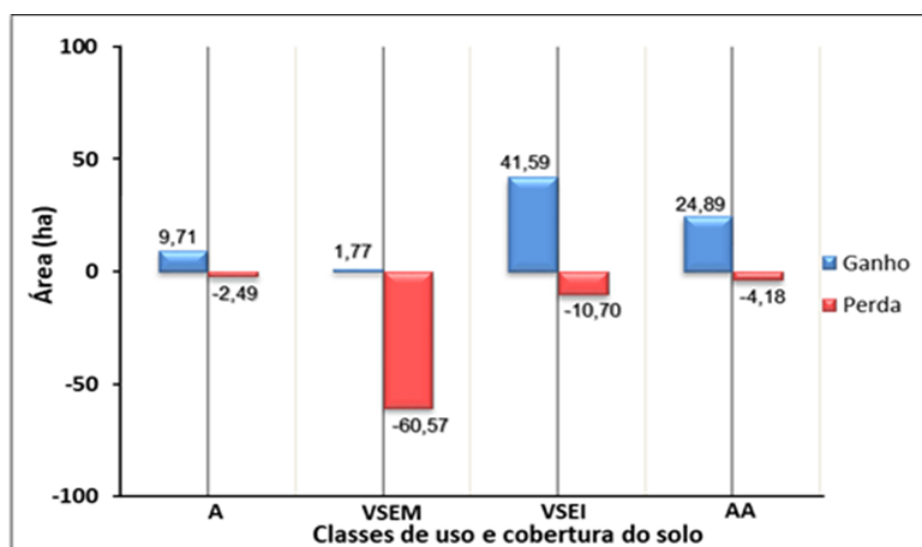


Figura 3. Quantificação de perdas e ganhos das classes: A: Áreas Alagadas; VSEM: Vegetação Secundária em Estágio Médio; VSEI: Vegetação Secundária em estágio Inicial e AA: Áreas Antropizadas, entre os anos de 2013 e 2020. Fonte: os autores.

A classe de VSEI apresentou o maior valor de ganho para Persistência (41,59) e Persistência Líquida (9,73) (Tabela 2) evidenciando sua permanência no município. O alto valor de ganho para essa classe se configura em maior possibilidade de ganhar áreas sobre as outras classes o que demonstra sua potência e estabilidade na região.

O potencial de ganho abrange a classe de infraestrutura urbana que está alocada dentro de Áreas Antropizadas (AA) que tem contribuído significativamente com esse ganho, que nos leva a direcionar a principal causa relacionada ao expressivo crescimento populacional entre 2008 e 2014, onde o número de habitantes passou de 493.976 para 535.547 (IBGE, 2020), caracterizando o aumento populacional de 8,4% no município. Vale destacar que em 2010 o município apresentava 471.744 habitantes. Deste quantitativo 9,44% era fruto do processo migratório, tendo em vista que 4.385 moradores eram de outros estados do Pará e 179, oriundos de outros países (FAPESPA, 2015).

As Áreas Alagadas (A) também vêm sofrendo reduções expressivas com um ganho de 9,71 ha em menos de uma década, com um total de 2,49 ha perdidos. É muito provável que essa redução esteja relacionada com a grande área de sucessão ecológicas computadas ao longo de áreas classificadas como VSEI favorecida pela retirada da vegetação de APP, uma vez que as matas ciliares desempenham papel preponderante na garantia da qualidade da água, na regulação do regime hídrico, na redução do assoreamento e na estabilidade das margens dos rios (Castro et al., 2012). A Persistência Líquida negativa da classe de VSEM é preocupante haja vista que indica uma forte tendência de a mesma perder área para as outras classes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a elaboração do presente estudo destaca-se a importância da utilização das geotecnologias, como subsídio ao desenvolvimento de estudos e realização de análises na superfície terrestre que possivelmente sofreram alterações antrópicas, de acordo com o este estudo, no âmbito da bacia hidrográfica do rio Maguari-Açú.

Através dos resultados obtidos pode-se constatar a existência de ocupações urbanas dentro dos limites da faixa marginal de proteção do rio Maguari-Açu, por isso, se faz necessário a implementação de políticas públicas que possibilitem a implementação de projetos de educação ambiental que propiciem melhorar o gerenciamento dos recursos naturais, assim como, a execução de um plano de manejo de uso e ocupação sustentável que vise incentivar a conscientização e preservação desta APP, práticas de restauração junto as iniciativas de conservação dos ecossistemas.

Portanto, é de fundamental importância preocupar-se com o ordenamento dos recursos que ainda restam e atentar ao fato, de que estes sejam utilizados de forma racional visando a sua preservação. Apesar da constatação de intensas interferências antrópicas que vem ocorrendo ao longo dos anos, influenciadas pelo processo de consolidação do espaço territorial, os impactos ambientais não são determinantes para o desaparecimento ou dano causado ao meio, desde que seja realizado respeitando os limites do ambiente na tentativa de resgatar a biodiversidade e garantir a continuidade de processos ecológicos vitais para a manutenção da espécie humana e natureza. Acredita-se que a pesquisa possa servir de ponte entre a teoria

e a prática e possibilitar futuros estudos acadêmicos relacionados ao tema abordado, sendo de grande relevância ao Estado do Pará.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- Barbosa AS et al. (2011). Análise da Degradação das Áreas de Preservação Permanente - APPS na Microbacia Cabosol, Zona de Defesa do Núcleo Cabuçu, Guarulhos - SP. *Revista UnG - Geociências*, 10(1): 36-63.
- BRASIL (2002). Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 149(108): 1-168.
- Bruno LO et al. (2017). Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas Utilizando Software Livre. *Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 5(1): 874-880.
- Cardoso CA et al. (2006). Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *R. Árvore*, 30(2): 241- 248.
- Castro D et al. (2012). Práticas para Restauração da Mata Ciliar. *Catarse - Coletivo de Comunicação*. Porto Alegre. 64p.
- Coutinho LM et al. (2013). Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo - ES. *Floresta Ambient*. 20(4): 425-434.
- Conceição AL (1998). *Cartografia do Município de Ananindeua*. Belém: CPRM/SEICOM.
- Christofoletti A (2009). *Geomorfologia*. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher. 188p.
- FAPESPA (2015). Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará. *Boletim Agropecuário do estado do Pará*. Belém, nº 1, julho, 38f.
- FBDS. (2020). Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. *Metodologia de Mapeamento*.
- Freitas EP et al. (2013). Indicadores Ambientais para Áreas de Preservação Permanente. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient*. 17(4): 443-449.
- Garcia YM et al. (2015). Caracterização de Conflitos de Uso do Solo em APPs na Bacia Hidrográfica do Córrego Barra Seca (Perdeneiras/SP). *Energia na Agricultura*, 30(1): 68 -73.
- IBGE. (2020). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Anuário Estatístico do Pará*.
- Jasiewicz J et al. (2011). A new GRASS GIS toolkit for Hortonian Analysis of Drainage Networks. *Computers & Geosciences*, 37(8) 1162-1173.
- Jenson SK et al. (1988). Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11): 1593-1600.


- Mascarenhas LMA et al. (2009). Sensoriamento Remoto Como Instrumento de Controle e Proteção Ambiental: Análise da Cobertura Vegetal Remanescente na Bacia do Rio Araguaia. *Sociedade & Natureza*, 21:5-18.
- Moreira TR et al. (2015). Confronto do Uso e Ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui, ES. *Floresta e Ambiente*, 22(2): 141-152.
- Neteler, M. *Geographic Resources Analysis Support System*, 2005. Disponível em: <<https://grass.osgeo.org/grass74/manuals/r.fillnulls.html>>. Acesso em: 09 de abril 2021.
- Pimentel MAS et al. (2006). Análise Preliminar de Impacto Ambiental as Nascentes do Rio Maguari-açu - Ananindeua - PA. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. *Geomorfologia Tropical e Subtropical: processos, métodos e técnicas*. Goiânia, Brasil.
- Portéglio LO et al. (2020). Estimativa de Índice de Vegetação na Bacia Hidrográfica do Rio Maguari-Açu/PA. 30º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente.
- Rodrigues G (2017). Estudo da Dinâmica da Paisagem da Sub Bacia do Rio Maguari-Açu-utilizando a metodologia PEIR.
- Sadeck LWR (2010). Classificação Orientada a Objetos. Disponível em: <<https://geotecnologias.wordpress.com/2010/08/19/classificacao-orientada-a-objeto-consideracoes/>>. Acesso em 27/04/2021
- Santos LLMD et al. (2017). Morfometria das Bacias hidrográficas dos Rios Caraparu e Maguari-Açu, Região Metropolitana de Belém, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, 11(1): 66-75.
- Santos PC et al. (2017). Geoprocessamento Aplicado na Análise das Áreas de Preservação Permanente do Rio Maguari - Açu no Município de Ananindeua - PA. *Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva*. Rio de Janeiro – RJ. 942-946p.
- Silva ACF et al. (2012). Expansão Urbana e Degradação Ambiental: o caso do bairro do Maguari em Ananindeua-PA. In: *Encontro Nacional da ANPPAS/Belém-PA 6*.
- Silva VM (2012). Fundamentos para o Gerenciamento Integrado dos Recursos Hídricos na Microbacia Urbana do Rio Maguari-Açu com vistas à Sustentabilidade Hidroambiental. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade Federal do Pará/Belém, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica.
- Strahler AH et al. (2005). *Physical Geography: Science and systems of the Human Environment*. Wiley, New York, p. 794.
- USGS. U. S. Geological Survey, 2016. Disponível em:< <https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 09/04/2021.
- Venturieri A et al. (1998). Técnicas de Classificação de Imagens para Análise de Cobertura Vegetal. *Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura*, 2: 351-371.

Coinoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* associada à aplicação de estimulantes melhora o desenvolvimento inicial de plantas de soja

Recebido em: 15/05/2021

Aceito em: 22/05/2021


 10.46420/9786588319703cap14

Joaquim José Frazão^{1*} 

Mateus Cardoso Souza Santos² 

Sihélio Júlio Silva Cruz³ 

Mateus de Sousa Peres⁴ 

Deborá Espinola da Silva⁵ 

INTRODUÇÃO

A soja é uma das culturas de maior importância socioeconômica para o Brasil, ocupando uma representativa área de cultivo no país e com obtenção de elevadas produtividades de grãos. Um dos fatores que tem contribuído para os elevados índices de produtividade e rentabilidade da cultura da soja no Brasil é a eficiência do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Fagan et al., 2007; Bulegon et al., 2016). Estimativas mostram contribuições da FBN da ordem de mais de 300 kg de nitrogênio (N) por hectare, além da liberação de até 30 kg de N por hectare para a cultura subsequente (Hungria et al., 2007).

O processo de FBN ocorre devido à simbiose de raízes de soja com bactérias de gênero *Bradyrhizobium*, a qual permite substituir por completo a adubação nitrogenada. Essa associação culmina na formação de estruturas modificadas denominada de nódulos, os quais se fixam às raízes das plantas.

Se tratando de associações benéficas de bactérias para a cultura da soja há outras estirpes que potencializam o processo de FBN. Dentre essas bactérias, destacam-se as pertencentes ao gênero *Azospirillum*, utilizadas mundialmente como inoculantes (Hungria, 2011). Na literatura existem várias pesquisas confirmando que *Azospirillum* produz fitohormônios que estimulam o crescimento das raízes de diversas espécies de plantas (Gonzaga et al., 2020), sendo denominadas associativas facultativas, pois proliferam-se na superfície radicular, podendo penetrar no vegetal (Quadros et al., 2014).

A coinoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* tem apresentado resultados satisfatórios (Fukami et al., 2018), uma vez que os efeitos estimulantes proporcionado por *A. brasilense* melhora a eficiência da FBN (Zuffo et al., 2015). No entanto, dependendo de condições ambientais, qualidade do inoculante e modo de aplicação esse efeito benéfico pode não ser observado.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano), Avenida Oeste, número 350 - Parque União, 76200-000, Iporá, GO, Brasil.

* Autor correspondente: jj.ss.brs@gmail.com

Nesse contexto, a utilização de estimulantes sintéticos pode não apenas melhorar como também acelerar o processo de FBN, uma vez que a resposta de plantas à aplicação de estimulantes, em geral, é rápida. Embora já haja estudos comprovando a viabilidade agrônômica da aplicação de estimulantes em diferentes culturas, estudos avaliando o efeito desses produtos associados à coinoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* ainda são incipientes. Hipotetizou-se com esse estudo que a aplicação de estimulantes sintéticos associados à coinoculação melhore a taxa de crescimento inicial de plantas de soja. Dessa forma, esse trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de estimulante sintético associado à coinoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* na fase inicial de crescimento de plantas de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em vasos plásticos e em casa de vegetação. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5, com três repetições. O primeiro fator consistiu em dois tipos de inoculação: 1-*Bradyrhizobium japonicum* e, 2- *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense*. Já o segundo fator foi constituído por doses de estimulante sintético: 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 mL ha⁻¹.

O estimulante sintético utilizado no presente estudo é composto por nutrientes minerais, carbono orgânico, aminoácidos e extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*). A composição apresentou os seguintes valores: enxofre (S): 1,5%; boro (B): 0,1%; cobalto (Co): 0,5%; cobre (Cu): 0,1%; manganês (Mn): 0,6%; molibdênio (Mo): 5%; zinco (Zn): 2%; aminoácidos: 5%; extratos de algas: 5%; ácido carboxílico: 3,7%; índice salino: 18,3; condutividade elétrica: 0,6 mS cm⁻¹ e densidade: 1,35 g cm⁻³.

Os vasos plásticos foram preenchidos com 5 kg de solo proveniente da camada superficial de um Latossolo Vermelho cuja caracterização granulométrica e química apresentou os seguintes valores: pH: 4,7; H+Al: 4,7 cmol_c dm⁻³; Al: 0 cmol_c dm⁻³; P (Mehlich I) 2 mg dm⁻³; K: 62 mg dm⁻³; Ca: 1,7 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,5 cmol_c dm⁻³; Zn: 1,3 mg dm⁻³; Matéria orgânica: 35 g kg⁻¹; Saturação por bases (V₀): 33,54 %; CTC: 7,06 cmol_c dm⁻³ e textura argilosa (290, 130, 580 g kg⁻¹ de areia, silte, argila, respectivamente).

Antes da implantação do experimento, a acidez do solo foi corrigida com calcário dolomítico para elevar a saturação bases para 60% (Sousa et al., 2004). O solo foi incubado por 45 dias mantendo-se a umidade a 70% da capacidade máxima de retenção de água no solo (CRA). Após esse período, cada vaso recebeu 50 mg kg⁻¹ de P e K na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, os quais foram aplicados a dez centímetros de profundidade para evitar contato com as sementes.

Na mesma ocasião da fertilização do solo com P e K, realizou-se a semeadura da soja. Para isso, as sementes de soja (cultivar Bônus 8579 RSF IPRO - Intacta RR2) foram tratadas com os tratamentos (inoculação e/ou estimulantes). Em seguida, foram semeadas seis sementes de soja a cinco centímetros de profundidade. Sete dias após a semeadura (DAS), realizou-se o desbaste de plantas, mantendo-se três plantas por vaso. Os vasos foram irrigados diariamente por meio de pesagem dos vasos, visando manter o solo na umidade de 70% da CRA.

Quando as plantas atingiram o estágio fenológico V4, onde acontece o primeiro pico de nodulação, foram realizadas as avaliações de altura de plantas e diâmetro de caule. A altura de plantas foi realizada com o auxílio de uma régua enquanto que o diâmetro de caule com um paquímetro digital. Em seguida foi realizado o corte das plantas rente ao solo e então estratificadas em folhas e hastes. As raízes foram coletadas por meio de lavagem em água corrente sobre um conjunto de peneiras. Foi determinado o comprimento máximo de raízes (CR) por meio de medição com uma régua.

As amostras de plantas (folhas, hastes e raízes) foram lavadas em água corrente e então secas em estufa com circulação forçada de ar a 65°C até atingir massa seca constante. Feito isso, foi determinada a massa seca de plantas em balança eletrônica de precisão.

Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade. Quando o teste F foi significativo, as médias dos tipos de inoculação foram comparadas pelo teste LSD, e as doses de estimulantes foram submetidas à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de massa de hastes (MSH), de folhas (MSF), de raízes (MSR) e total (MST) foi influenciada significativamente ($P < 0,01$) pelas doses de estimulante (Figura 1). No entanto, não houve efeito do tipo de inoculação (B-*Bradyrhizobium japonicum* ou B+A-coinoculação de *B. japonicum*+*Azospirillum brasilense*), exceto em algumas doses de estimulante.

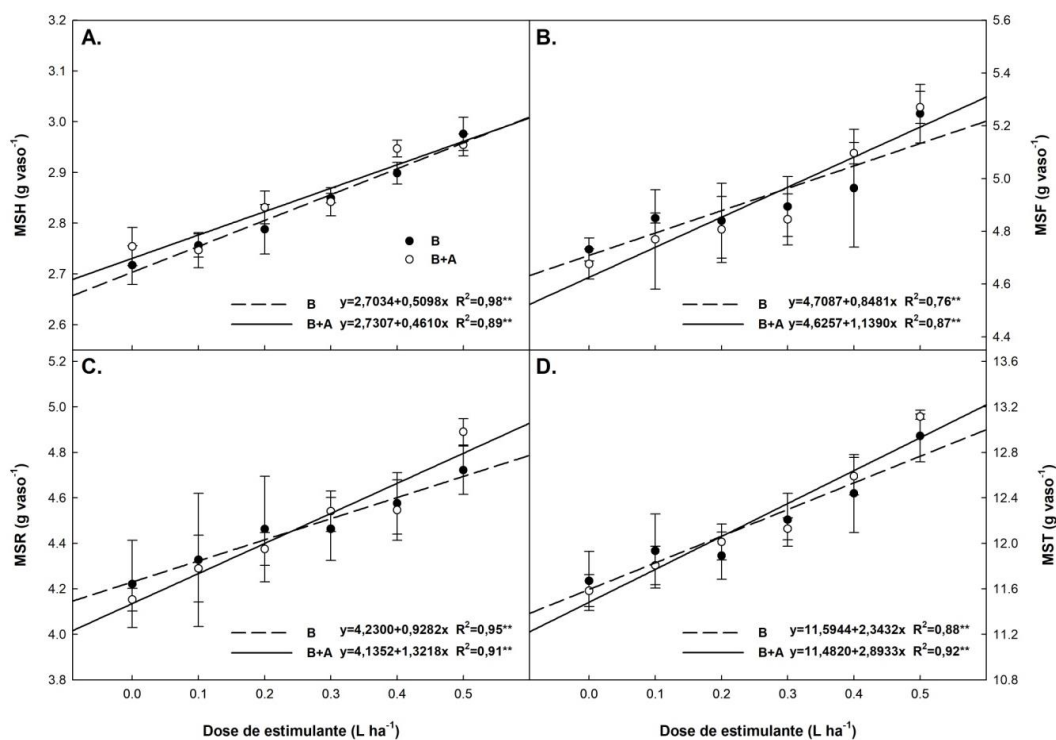


Figura 1. Massa seca de hastes (MSH), folhas (MSF), raízes (MSR) e total (MST) de plantas de soja sob inoculação (B, *Bradyrhizobium japonicum*) ou coinoculação (B+A, *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense*) e doses de estimulante. Fonte: os autores.

Embora não houve efeito do fator inoculação, o desdobramento da interação (inoculação x estimulante) revelou que em algumas doses de estimulante foram observadas diferenças entre tipos de inoculantes. Por exemplo, para MSH na dose de 0,4 L ha⁻¹ de estimulante, o tratamento B+A foi superior ao tratamento B. De forma similar ocorreu para a variável MSR, onde o tratamento B+A foi superior (dose 0,5 L ha⁻¹). Em estudo semelhante, Santini et al. (2015) verificaram que o uso de estimulante na soja proporcionou aumento na produção de parte aérea.

Em outro estudo, Ecco et al. (2019) observaram aumento significativo na produção de MSH e MSF sob aplicação de estimulantes. Segundo esses autores, esses efeitos foram atribuídos ao aumento da taxa de fotossíntese como consequência do efeito promovido do estimulante na melhora das estruturas vegetativas como raízes, altura, diâmetro, bem como a sua biomassa. Por outro lado, Hermann et al. (2013) verificaram resultados diferentes dos encontrados no presente estudo. De acordo com esses autores, não houve o aumento de parte aérea da planta, porém observou resultados positivos em relação ao crescimento de raízes, podendo ser em função da composição do estimulante utilizado. Já Castro et al. (2008) não observaram aumento de crescimento de raízes. Segundo Moterle et al. (2011), os bioestimulantes afetam algumas variáveis, mas não outras e pode ser explicado pela sensibilidade dos tecidos, pelo estágio de desenvolvimento da soja e também pelo efeito cumulativo dos bioestimulantes.

Com relação à altura de plantas, o diâmetro de haste e o comprimento de raízes (CR), houve efeito significativo ($p < 0.01$) das doses de estimulante (Figura 2). Contudo, não houve efeito do tipo de inoculação (B+A ou B), exceto para a variável altura de plantas (Figura 2A).

Para a variável altura de plantas, as diferenças entre tipos de inoculantes ocorreram nas doses de 0 e 0,3 L ha⁻¹ de estimulante. Com exceção à dose de 0,3 L ha⁻¹, a coinoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* (tratamento B+A) foi superior ao tratamento B. Nota-se também com esses dados que o efeito da coinoculação se mostrou mais significativo nas menores doses de estimulante (0 a 0,2 L ha⁻¹). Isso pode ter ocorrido devido à dose de estimulante ser baixa e consequente seus efeitos na planta serem menores. Nesse contexto, a presença de *A. brasilense* no tratamento B+A favoreceu o crescimento da planta, visto que esse microorganismo produz substâncias estimulantes (ex. auxinas, etileno, citocininas e giberelinas) as quais impactam positivamente o crescimento das plantas (Ahemad et al., 2014; Miransari, 2016; Backer et al., 2018; Prasad et al., 2019).

Em estudo similar, Santos et al. (2017) verificaram que altura de plantas, o diâmetro de haste e o comprimento de raízes aumentaram significativamente com as doses de um estimulante sintético, podendo conferir maior rusticidade e produção. Os dados desse estudo corroboram os dados da presente pesquisa. Além disso, esses autores atribuíram esse efeito benéfico do estimulante por conta da melhora da parte aérea, raízes e aumento de matéria seca. Outros autores observaram comportamento semelhante

(Ecco et al., 2019). Dessa forma, conclui-se que a aplicação de estimulantes foi benéfica para o crescimento inicial de plantas de soja.

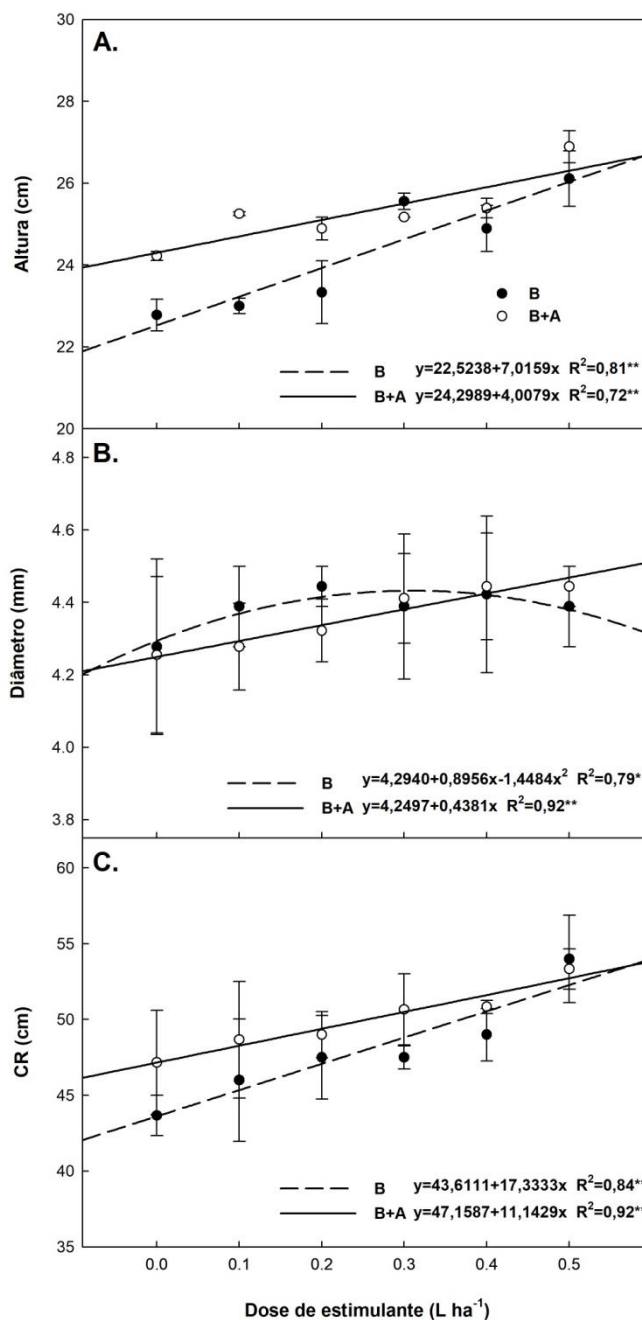


Figura 2. Altura (cm), diâmetro de haste (mm) e comprimento de raízes (CR) de plantas de soja sob inoculação (B, *Bradyrhizobium japonicum*) ou coinoculação (B+A, *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense*) e doses de estimulante. Fonte: os autores.

A concentração de nitrogênio (N) na folha, na haste e nas raízes foi influenciada ($P<0,01$) pelas doses de estimulantes (Figuras 3A, 3B e 3C, respectivamente). No entanto, não houve diferenças entre a inoculação com *B. japonicum* (B) e coinoculação de *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense* (B+A).

A concentração de N apresentou padrões distintos entre os diferentes tecidos avaliados. Na folha houve redução linear com as doses de estimulante, enquanto que nas raízes observaram-se incrementos lineares, independentemente do tipo de inoculação (B ou B+A). Por outro lado, a concentração de N na haste seguiu ajuste quadrático, com teor máximo de N nas doses de 0,2 e 0,22 L ha⁻¹ de estimulante, para os tratamentos B (8,47 g kg⁻¹ de N) e B+A (8,68 g kg⁻¹ de N), respectivamente. Essas diferenças entre partes da planta ocorrem devido às suas funções, onde a folha e as raízes atuam como órgãos de reserva de N, enquanto que a haste exerce função principal o transporte de água e compostos químicos bem como a função de sustentação da planta. Adicionalmente, a tendência de redução da concentração de N também está relacionada ao efeito de diluição (Jarrell et al., 1981), promovido pelo aumento linear da produção de massa seca (Figura 1).

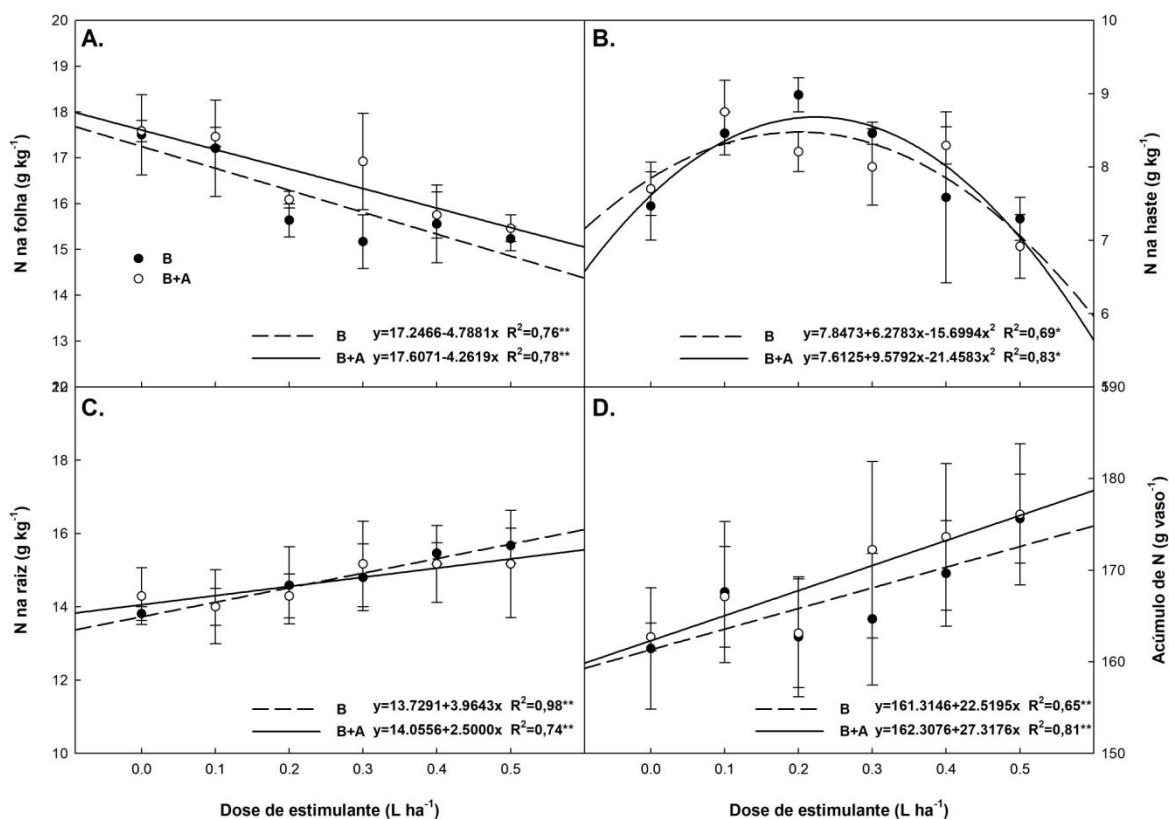


Figura 3. Concentração de nitrogênio (N) na folha, haste e raiz e acúmulo de nitrogênio em plantas de soja sob inoculação (B, *Bradyrhizobium japonicum*) ou coinoculação (B+A, *B. japonicum* + *Azospirillum brasilense*) e doses de estimulante. Fonte: os autores.

Embora as concentrações de N tenham diminuído com o aumento das doses de estimulantes, o acúmulo de N na planta aumentou linearmente (Figura 3D), independentemente do tipo de inoculação (B ou B+A). Esses resultados mostram que a aplicação de estimulantes melhora a produção de raízes (Figura 2C) e conseqüentemente aumentam a taxa de absorção de N pelo maior volume de solo explorado pelas mesmas.

Por outro lado, a ausência de diferenças entre os tipos de inoculação (B e B+A) no acúmulo de N, mostram que os efeitos benéficos da bactéria promotora de crescimento (*A. brasilense*) não foram significativos. Esse resultado possivelmente está relacionado ao fato desse estudo ter sido conduzido apenas durante os estádios iniciais de crescimento de soja. Portanto, o aumento observado no acúmulo de N na planta foi devido principalmente à aplicação de estimulantes sintéticos, confirmando a hipótese de estudo.

Dessa forma, conclui-se com esse estudo que não houve diferença entre a inoculação de *B. japonicum* (tratamento B) e a coinoculação de *B. japonicum* e *A. brasilense* (tratamento B+A) no desenvolvimento inicial de plantas de soja. Contudo, a aplicação de estimulantes sintéticos aumentou significativamente o crescimento das plantas e o acúmulo de N na planta. Estudos conduzidos durante todo o ciclo da cultura de soja são importantes para verificar melhor a interação entre a coinoculação e a aplicação de estimulantes sintéticos e os seus efeitos sobre a produtividade da cultura bem como sobre a eficiência do processo de FBN.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahemad M et al. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University - Science*, 26(1): 1-20.
- Backer R et al. (2018). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1473.
- Bulegon LG et al. (2016). Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. *Terra Latinoamericana*, 34: 169-176.
- Castro GSA et al. (2008). Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43: 1311-1318.
- Ecco M et al. (2019). Uso de diferentes tratamentos de bioestimulante vegetal na cultura da soja. *Revista Científica Rural*, 21(2): 269-286.
- Fagan EB et al. (2007). Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja-revisão. *Revista da FZVA*, 14: 89-106.
- Fukami J et al. (2018). *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, 8(1): 73.
- Gonzaga TOD et al. (2020). Interação *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e seus efeitos na produtividade. *Scientific Electronic Archives*, 13(1): 60-66.
- Hermann ER et al. (2013). Efeito do tratamento de sementes com stimulate® no desenvolvimento inicial da soja em mini rizotrons. Disponível em:


<<https://www.eventosolos.org.br/cbcs2013/anais/arquivos/2247.pdf>>. Acesso em: 20/01/2021.

- Hungria M (2011). Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja. 36p.
- Hungria M et al. (2007). A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja. 80p.
- Jarrell WM et al. (1981). The dilution effect in plant nutrition studies. Brady NC (org.). *Advances in Agronomy*. San Diego: Academic Press. 197-224.
- Miransari M (2016). 8 - Soybeans, Stress, and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. Miransari M (org.). *Environmental Stresses in Soybean Production*. San Diego: Academic Press. 177-203.
- Moterle LM et al. (2011). Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja. *Revista Ceres*, 58: 651-660.
- Prasad M et al. (2019). Chapter Seven - Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) for Sustainable Agriculture: Perspectives and Challenges. Singh AK et al. (org.). *PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture*. New York: Woodhead Publishing, 129-157.
- Quadros PDD et al. (2014). Desempenho agrônomo a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. *Revista Ceres*, 61: 209-218.
- Santini J et al. (2015). Viabilidade técnico-econômica do uso de bioestimulantes em semente de soja. *Revista Tecnologia, Ciência & Agropecuária*, 9(1): 57-62.
- Santos V et al. (2017). Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de soja. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12(3): 512-517.
- Sousa DMG et al. (2004). Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 416p.
- Zuffo AM et al. (2015). Co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* in the soybean crop. *Revista de Ciências Agrárias*, 38: 87-93.


Sistema de tratamento de esgoto doméstico de baixo custo para residências familiares na região semiárida potiguar

Recebido em: 15/05/2021


Aceito em: 22/05/2021

 10.46420/9786588319703cap15

Ronygledson Araújo de Lima¹ 

Silvanete Severino da Silva² 

Bárbara Davis Brito dos Santos^{3*} 

Geovanna Maria Andrade de Oliveira⁴ 

INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA) (2010) a oferta de água deve ser prioridade, uma vez que, é um recurso indispensável para atender as necessidades básicas da população, sendo necessária para o desenvolvimento econômico e social do país. Assim, a qualidade e a quantidade disponível da água para os diferentes usos da sociedade estão relacionadas com o crescimento populacional e a expansão dos diversos setores também da economia.

De acordo com a UNESCO (2019) através do Relatório Mundial das Nações Unidas, o qual enfatizou sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos, trouxe à tona que mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países que experimentam estresse hídrico, que também é chamado de escassez de água, que por sua vez, trata-se da perda e/ou inexistências das águas no local, isto é, pelo alto consumo e/ou poluição das águas superficiais e subterrâneas, assim como, as características climáticas da região, como é o exemplo, do semiárido nordestino.

O nordeste brasileiro é a região que se encontra a principal situação de escassez de água, a qual passa por períodos históricos de seca e que geram impactos socioeconômicos e ambientais e, por isto, o uso de fontes alternativas dos recursos hídricos disponíveis tem grande importância. Neste sentido, as Estações de Tratamento de Esgoto - ETEs são responsáveis por realizar processos de tratamento de água ou efluente, cuja a finalidade é receber as águas sujas e remover através de processos físico-químicos ou biológicos as substâncias contaminantes dissolvidas no efluente (Maiolo et al., 2018).

¹ Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

³ Universidade Federal de Campina Grande-UFCG.

⁴ Universidade de Brasília-UNB.

* Autora correspondente: bdavis.2340@gmail.com

De tal modo, as ETEs permitem o fornecimento adequado de água, sendo que tem sido cada vez mais utilizada em residências, em que, suas localizações são restritas e remotas, porém estas moradias estão, normalmente, associadas a condomínios. Dentre as vantagens de implementar as ETEs constam o uso racional e a conservação da água potável, contribuindo na redução do lançamento de esgotos. Outra vantagem é que a água gerada pelo tratamento pode ser reutilizada em funções como: aproveitamento agrícola, irrigação de jardins e descarga de vaso sanitário.

Segundo Pereira et al. (2020) que realizando uma análise comparativa das alternativas para tratamento de esgotos de residências unifamiliares constatou que a adoção de ETEs são formas eficientes para o tratamento de efluentes, entretanto para a escolha dos métodos utilizados para o tratamento dos esgotos domésticos são necessários que os mesmos se adaptem às características do local, onde são observados o nível do lençol freático, a permeabilidade do solo e risco epidemiológico e ambiental.

A adoção de ETEs em residências e condomínios deve ser incentivada e receber investimentos necessários. Para tanto, é indispensável oportunizar alternativas econômicas para a sua instalação e manutenção, bem como, otimizar os recursos para a confecção. Todavia, ainda faltam informações para alternativas econômicas na construção de estações de tratamentos de baixo custo para residências familiares.

Assim sendo, esse estudo busca garantir a uma família a possibilidade de instalar uma ETE de baixo custo, com retorno para atender as necessidades de descarga de vaso sanitário e irrigar o jardim da casa. Os materiais utilizados são alternativos e de fácil acesso no mercado e simples manutenção, além de ocupar pouco espaço no ambiente. Trata-se de um sistema integrado, o qual, se implementado, reduzirá o consumo de água e permitirá a manutenção do jardim de uma residência e, portanto, traz benefícios socioeconômicos e ambientais

METODOLOGIA DA PESQUISA

Tipologia da Pesquisa

A realização metodológica da pesquisa será conduzida no sentido de integrar as vantagens do método para executar a melhoria dos afluentes, direcionando-os para o sistema de tratamento, em seguida, poder armazená-los num reservatório superior, tornando-os disponíveis para a utilização efetiva nos pontos de interesse. Para tanto, os dados serão obtidos através da análise e classificação quantitativa e qualitativa. Assim, esta pesquisa classifica-se como pesquisa aplicada quanto a sua natureza, como pesquisa descritiva quanto aos seus objetivos e como estudo de caso quanto aos seus procedimentos. A metodologia está assim dividida em três etapas.

A etapa 1 consiste em analisar a proposta de implantação de um sistema de reutilização de água quanto a produção de água cinza e o consumo desta água tratada. Já a etapa 2 compreende a análise de custos dos insumos necessários, bem como orçamento total para implantação da estação de tratamento

utilizando produtos de fácil acesso no mercado. A etapa 3 consiste em estimar o tempo de retorno do investimento.

Análise da Proposta

O projeto estação de tratamento de água cinza compacta e de baixo custo com o intuito do reaproveitamento da água tratada em bacias sanitárias e irrigação do jardim foi dimensionado com layout da residência genérica, o qual foi constituído de uma residência de pavimento térreo, a qual possui dois quartos, sendo uma suíte, sala integrada com cozinha, um banheiro social e uma área de serviço (Figura 1). A estação de tratamento foi projetada para o fluxo de efluentes de quatro pessoas.

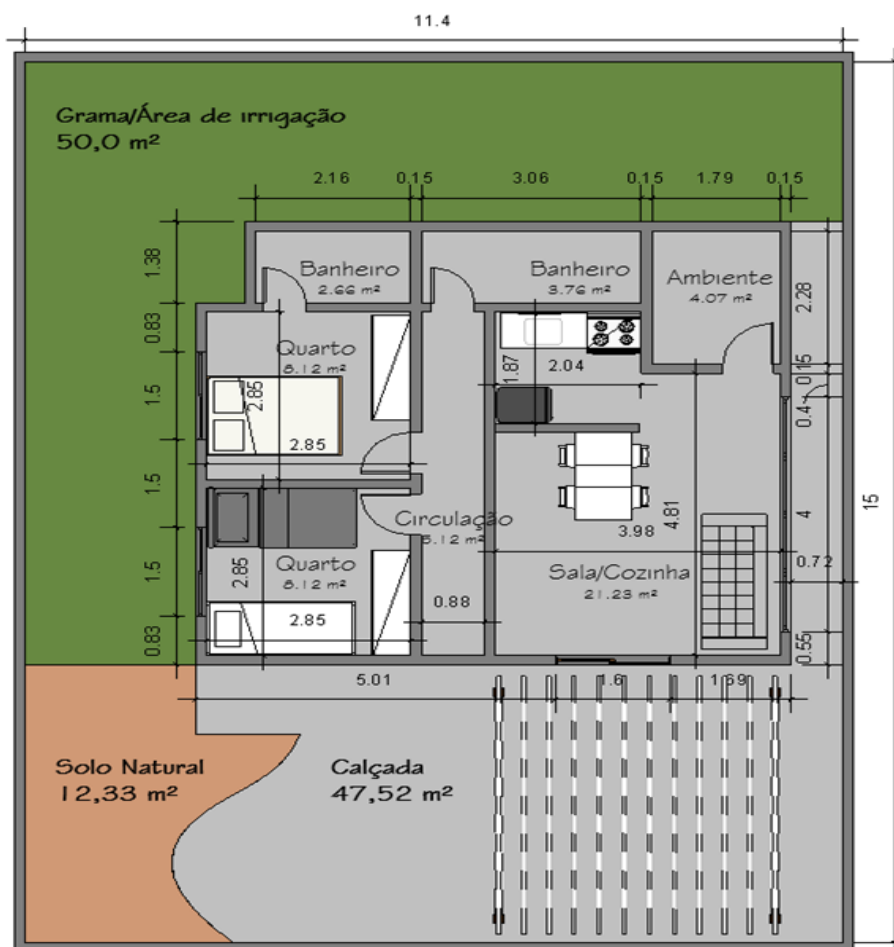


Figura 1. Planta baixa da Residência Familiar em Estudo. Fonte: Autoria própria.

O sistema de reuso projetado será construído na parte externa da residência, abaixo do nível do solo, obedecendo os desníveis necessários para o bom funcionamento do sistema. O mesmo receberá a água cinza proveniente do lavatório do banheiro e ralo do chuveiro, podendo se estender também para a máquina de lavar roupa, que será direcionado o seu fluxo de saída para o reservatório de água bruta ou

para o sistema de esgoto convencional, caso a produção de esgoto bruto ultrapasse a capacidade do reservatório de água bruta, a qual permite até 200 litros.

O principal material utilizado para compor o sistema de tratamento são bombonas de polietileno (PEAD) de 200 litros, facilmente encontradas no mercado para o transporte de óleos lubrificantes, água, etc. Esses reservatórios terão diferentes finalidades (reservatórios e filtro). Além destes reservatórios, também será instalada uma caixa d'água de polietileno de 500 litros para o reservatório superior, o qual permitirá os usos recomendados.

A ETE será construída por:

- Reservatório de água cinza: Capacidade de armazenamento de 200 litros. Recebe água proveniente dos lavatórios dos banheiros, chuveiros e máquina de lavar.

- Filtro: Capacidade de armazenamento 200 litros o qual será composto por uma bolsa de tela de polietileno, cuja a sua finalidade consiste em facilitar a limpeza ou substituição do agregado. Esta bolsa será composta por brita 1 (4,75 mm a 25 mm), brita 0 (4,8 mm a 9,5mm), areia (0,42 mm a 2,00 mm) fibra de coco.

- Reservatório de água tratada: Capacidade de armazenamento 200 litros, recebe a água após o tratamento. Este ficará disponível ao recalque para reservatório superior.

- Reservatório superior: Capacidade de armazenamento de 500 litros. Fica disponível para utilização dos pontos de reaproveitamento.

O sistema de filtração opera em fluxo descendente quando recebe a água no reservatório de água cinza e passa pelo filtro e reservatório de água tratada em nível, portanto, o fluxo é contínuo.

Análise de Custos

Um estudo acerca do potencial econômico do sistema de tratamento de água cinza é indispensável para entender a importância de se fazer uma análise completa mostrando desde os custos com materiais, até a economia gerada para reutilização da água tratada.

Portanto, será realizado um levantamento dos materiais que serão utilizados e, posteriormente, estimar os custos do mesmo. Esse levantamento de preço será feito em lojas do ramo de materiais de construção, buscando os valores mais baratos.

Já as tarifas da água e esgoto, adotou-se os parâmetros da CAERN (Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte, que demanda da função de prestação de serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado do Rio Grande do Norte.

Payback

O tempo de retorno, também conhecido por payback, corresponde ao tempo entre o investimento inicial até o momento em que o lucro seja igual ou superior ao valor do investimento do

sistema de tratamento de esgoto doméstico. Quanto menor é este tempo de recuperação do investimento, mais atrativo (Janoselli et al., 2016).

O payback será considerado a partir do valor obtido pela divisão do valor obtido no levantamento dos custos e o valor descontado do consumo de água que deixará de ser pago ao implementar o sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho foi realizado com base na análise de um sistema de tratamento de esgoto doméstico de baixo custo para residências familiares na região semiárida. Os resultados a seguir, são apresentados em três partes, a primeira refere-se a estimativa do volume de água de uma residência familiar, a segunda etapa trata-se do custo de implantação, isto é, o orçamento detalhado do sistema de tratamento doméstico, por fim, a terceira etapa, a qual refere-se ao retorno financeiro, também conhecido por payback para a família que é composta por quatro pessoas.

Estimativa de Consumo da Residência

Segundo a Tabela de parâmetros de consumo per capita da CAERN, para uso residencial normal, de casas entre 50 e 100m² consomem cerca de 150 à 200 l/hab.dia (Figura 1). No presente trabalho utiliza-se a média de consumo per capita, ou seja, 175 litros/hab.dia., onde o consumo diário é de 700 em litros/dia e o consumo mensal de 21 metros cúbicos.

A recomendação para irrigação de grama, jardim e afins é de 10 a 15 milímetros irrigado duas vezes por semana (Montivanni et al., 2009). Como a temperatura em Mossoró varia de 24,1°C a 37 °C no ano e a precipitação não ultrapassa a 756 mm anuais (Silva,2014), considerou-se que na rega de jardim e gramado são utilizadas cerca de 3 L/m²/dia, e que se recomenda fazer duas regas por dia, sendo uma pela manhã e a outra no final da tarde. Além da oferta hídrica, a área também estará sendo fertirrigada pela a água cinza, já que é detentora de nutrientes, especialmente, do Nitrogênio, Fósforo e Potássio.

Para lavagem de calçadas foi obedecida a sugestão de Phillip et al. (2006). Os autores supracitados sugerem que a frequência seja de duas vezes por mês, com 4 L/m²/dia. Onde a sugestão de volume aplicado para a lavagem de piso para uma área de 47 metros quadrados o consumo médio é de 376 litros. Para a irrigação do Jardim o consumo é de 9000 litros, totalizando um consumo de 9,38 m³.

Após os cálculos de estimativa de consumo de água, obteve-se o valor total para o consumo de água total da residência familiar de médio padrão, somando os consumos internos e externos que foi de 30,38 m³ ao mês.

Estimativa do Consumo de Água nos Dispositivos

A quantidade e qualidade de água cinza produzida nas residências dependerá dos hábitos sanitários e nível de vida de cada família, porém o consumo médio de água poderá estimar-se cerca de

100L/(hab.dia) e a produção de água cinzenta em cerca de 70L/(hab.dia). Assim, com esta estimativa tem-se que a reutilização é de cerca de 48L/(hab.dia), desses 25 a 35L/(hab.dia) em limpeza de sanitários (ANQIP, 2011).

Segundo May (2009), a descarga do vaso sanitário que é composta por caixa acoplada, consome cerca de 14% de água potável de uma residência, para efeitos de cálculo adota-se uma margem de segurança de 2% na produção diária de água cinza. Logo serão necessários 16% da contribuição diária para abastecer os vasos sanitários. A Tabela 1 a seguir traz os valores de consumo de água por aparelho hidráulico em uma residência de acordo com três instituições: USP, IPT/PNCDA (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água) e a DECA empresa de materiais hidráulicos.

Tabela 1. Estimativa de Consumo Residencial de Água Potável para o Brasil. Fonte: May (2009).

Consumo residencial de água potável	Porcentagem de consumo		
	Pesquisa realizada na USP ^I	Pesquisa realizada pelo IPT/PNCDA ^{II}	Pesquisa realizada pelo DECA ^{III}
Vaso Sanitário	29%	5%	14%
Chuveiros	28%	54%	46,7%
Lavatório	6%	7%	11,7%
Pia de cozinha	17%	17%	14,6%
Tanque	6%	10%	4,9%
Máquina de lavar roupas	5%	4%	8,1%
Máquina de lavar louças	9%	3%	-
Total	100%	100%	100%

Na pesquisa realizada pela IPT ao PNCDA, observou-se valores de consumo para vasos sanitários inferiores em comparação aos obtidos pela USP e DECA. A pesquisa foi realizada num conjunto habitacional da Cia de Desenvolvimento Habitacional e Urbanização do Estado de São Paulo, onde foram utilizados somente vasos sanitários com caixa acoplada de capacidade de 6 a 8 litros por descarga.

May (2009) através da sua pesquisa de caracterização de água cinza, obteve valores semelhantes aos valores pesquisados pela DECA. Portanto, é possível gerar a água cinza necessária para atender o consumo utilizando apenas o efluente da máquina de lavar roupa e do lavatório. Entretanto, nesta proposta de trabalho, indica-se a reutilização de pontos de Chuveiros, lavatórios e Máquina de lavar roupa, o que resulta num somatório total de 66,5% para o consumo doméstico.

Tarifas e Cobranças

A tarifa e a cobrança pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário visam atender despesas de operação, manutenção, ampliação e melhoria dos sistemas de abastecimento de água e esgoto. Essas diretrizes para o saneamento básico no Brasil são estabelecidas pela Lei Federal nº 11.445 de 2007.

As companhias estaduais de fornecimento de água e saneamento básico são empresas de economia mista que, mediante concessão municipal, possuem o monopólio da administração, manutenção, inspeção e construção dos serviços de água e esgoto. No estado do Rio Grande do Norte, os serviços estão a cargo da COSERN. Os valores por classe de consumo de acordo com o valor cobrado de tarifas mínimas que são estabelecidos pela CAERN. Para residencial social a tarifa mínima é de 8,83 reais, já para residencial popular o valor é de 27,80 e para residencial é cobrado 43,77 reais. Para os setores do comércio, industrial e público as tarifas são de 67,35, 146,87 e 140,75 respectivamente.

De acordo com a análise de classe social, observa-se que a família se enquadra na classe de consumo residencial.

Para os serviços de esgotamento sanitário convencional será cobrado o percentual correspondente a 70% (Setenta por cento) da tarifa da água para todas as categorias de consumidores.

Para a residência estudada com consumo mensal de 30,38 m³ por mês, o custo tarifário é na faixa de 21 a 30 m³, portanto será cobrado 6,50 por m³, somados com 70% correspondente aos serviços de esgotamento sanitário, a tarifa mensal foi calculada por meio da fórmula (1), que totalizou no montante de 335,70.

$$TF = C * i * 70\% \quad (1)$$

onde: TF - Tarifa Mensal (R\$); C - Consumo Mensal (m³); i - Custo por Metro Cúbico (R\$);

Volume de Água de Esgoto Doméstico

O volume de água proveniente de esgoto doméstico corresponde ao quanto de água deixará de ser esgoto e passará a ser reutilizada nos pontos de consumo não potável, ou seja, vaso sanitário e rega das plantas e jardim. Logo, considerando que o consumo da residência estudada seja de 30,38 m³ por mês, e que o somatório dos pontos de reutilização (Chuveiros (46,7%), lavatórios (11,7%) e Máquina de lavar roupa (8,1%) correspondem a 66,5%, portanto, obtém-se o volume de 20,20 m³ de água de reúso. Assim, o volume encontrado de esgoto bruto será de apenas 10,18 m³.

Esse efluente corresponde ao esgoto do vaso sanitário e pia da cozinha, os quais não serão aproveitados porque possuem muita matéria orgânica como já descrito anteriormente.

Custo de Implantação

O custo de implantação do sistema de tratamento de água proveniente de esgoto doméstico foi orçado em 4 diferentes lojas do ramo de materiais de construção de Mossoró, onde foi considerado o orçamento mais barato.

Para o padrão de habitação estudado, caso o sistema hidrossanitário já existisse no orçamento padrão da residência, seriam gastos R\$ 1.200,00, com tubulação de recalque e execução do sistema de tratamento, incluindo a bomba de recalque de ½ CV.

O valor apresentado consiste no pagamento a prazo, podendo ficar ainda mais em conta caso o pagamento do mesmo seja à vista (Tabela 02).

O custo de escavação foi desconsiderado, devido à grande variação de valores entre regiões. Porém a instalação do tubo e conexão demanda de uma atenção maior, necessitando de uma mão de obra especializada, que para esse cálculo foi desconsiderado.

Tabela 2. Custo de Implantação. Fonte: Autoria própria.

Itens	Custos de Implantação				
	Uni	Quant	Preço Unitário	Preço Total	%
Adaptador Flange D50	uni	1	R\$ 49,64	R\$ 49,64	4,14%
Adaptador Flange D25	uni	4	R\$ 17,31	R\$69,24	5,77%
Joelho 90° 50 mm	uni	1	R\$ 7,23	R\$ 7,23	0,60%
Joelho 90° 25 mm	uni	3	R\$ 0,73	R\$ 2,19	0,18%
Válvula de Pé com Crivo 3/4"	uni	1	R\$ 26,97	R\$26,97	2,25%
Bucha de Redução 25x38	uni	1	R\$ 1,32	R\$ 1,32	0,11%
Tubo Soldável D50	m	0,7	R\$ 15,72	R\$ 11,00	0,92%
Tubo Soldável D25	m	12,51	R\$ 3,96	R\$ 49,54	4,13%
Bomba 1/2 cv	uni	1	R\$ 242,49	R\$ 242,49	20,20%
Bombonas 200 litros	uni	3	R\$159,00	R\$ 477,00	39,74%
Caixa D'água 500 litros	uni	1	R\$ 263,71	R\$ 263,71	21,97%
TOTAL				R\$ 1.200,33	100,00%

As bombonas foram responsáveis por elevar o custo do sistema, correspondente a 39,74% do custo total da implantação. Uma alternativa de baratear e viabilizar os custos é comprar as bombonas usadas em lojas de material de construção de bairros, onde o preço cai significativamente. A bomba de recalque corresponde a 20,20% do custo total de implantação, onde foi escolhido uma bomba de fácil acesso no mercado com uma grande variedade de marcas e modelos.

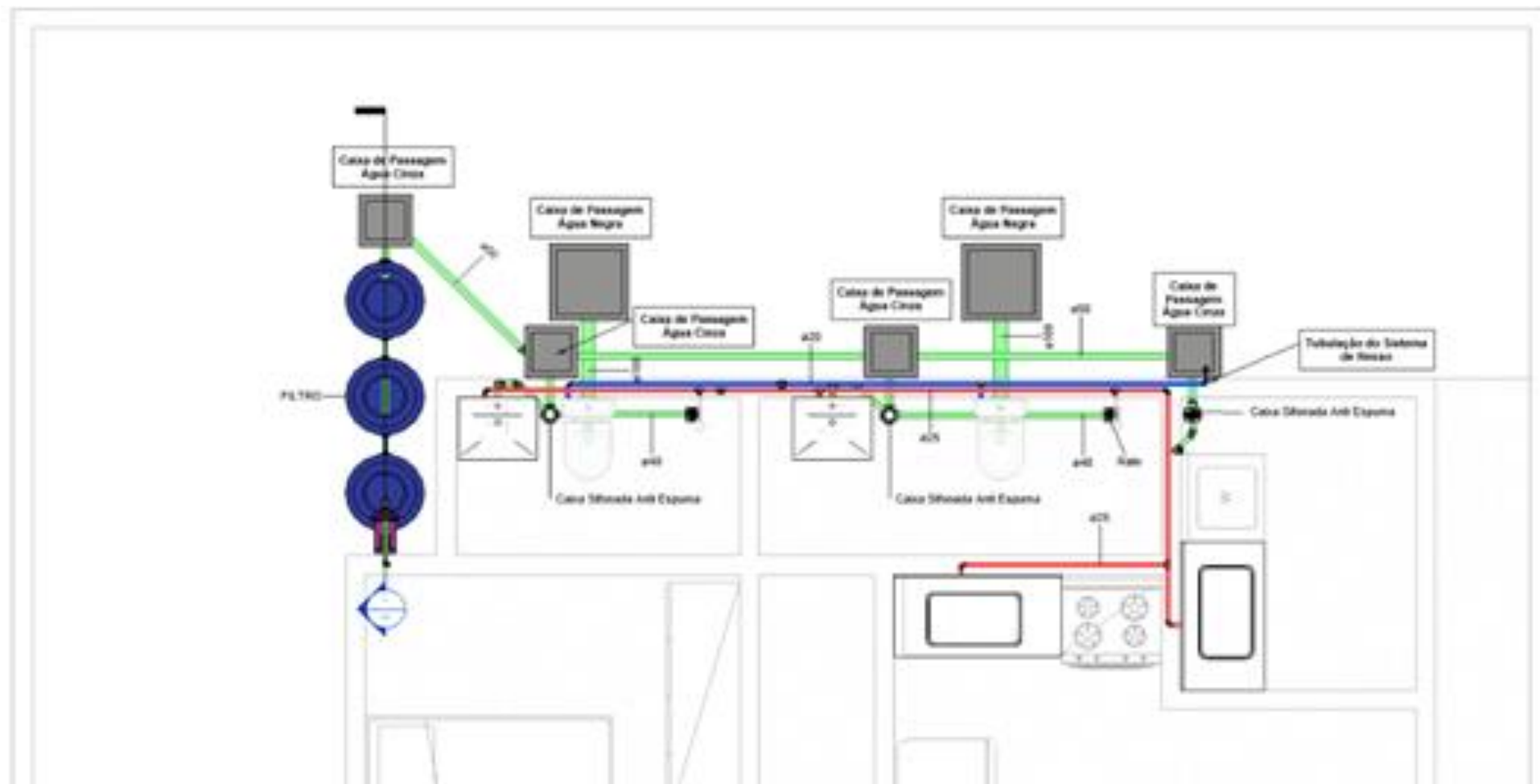


Figura 2. Planta Baixa do Projeto Hidrossanitário. Fonte: Autoria própria

A caixa d'água foi outro item que favoreceu o aumento do custo de implantação. Foi escolhida uma caixa de 500 litros de polietileno para um melhor custo-benefício. O resultado do sistema de tratamento de esgoto em conjunto com as instalações sanitárias, nota-se na Figura 03 a qual evidencia o resultado da planta baixa da residência familiar A instalação hidrossanitária da residência estudada está apresentada na Figura 4A e Figura 4B, composta pelo sistema de reuso, sistema de água potável e esgoto sanitário. A instalação predial de água de reuso atende os pontos de vaso sanitário e torneira do jardim (tubulação em azul). Já a tubulação vermelha é a instalação predial de água potável onde atende os demais pontos de água nobre, como torneiras e chuveiros. A instalação de esgoto sanitário está caracterizada pela cor verde, onde o efluente do chuveiro, lavatório e máquina de lavar são direcionados para o sistema de tratamento de água cinza, mais precisamente o reservatório de água bruta.

Vale destacar a importância de caixas de passagens em mudanças de direção da tubulação, pois as mesmas servem de acesso para limpeza em caso de obstrução.

É de extrema importância que os sistemas de água potável e de água cinza sejam identificados para não haver o uso equivocado.

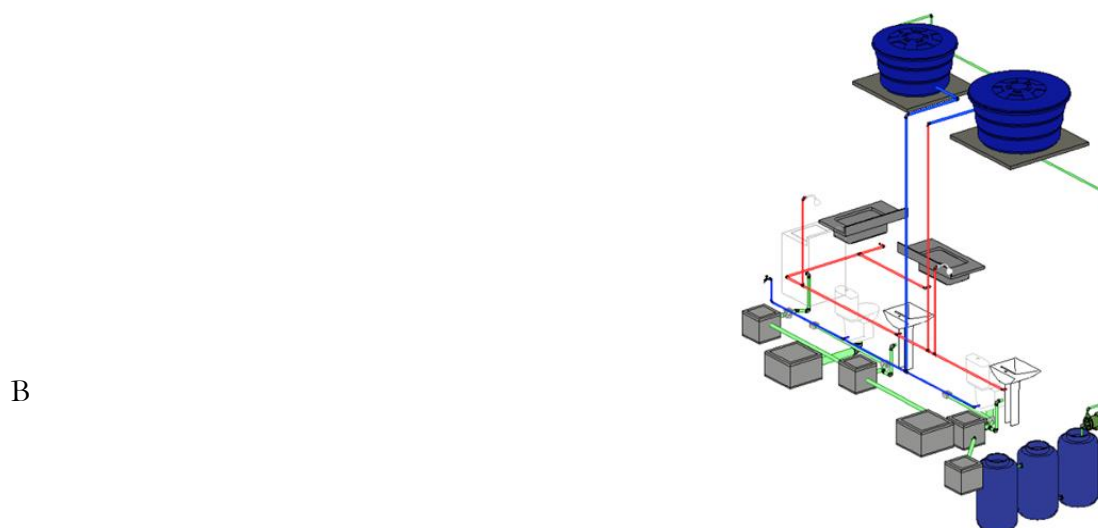
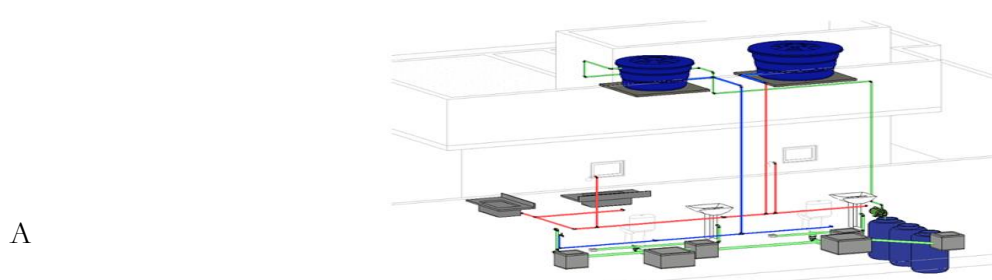


Figura 3. Vista 3D das Instalações Prediais da Residência: Projeção Unilateral da Residência com sistema de tratamento de água (A); Projeção Unilateral da Residência com sistema de tratamento de água (B). Fonte: Autoria própria.

Tempo de Retorno

Para conhecer o tempo de retorno do investimento do sistema, deve-se estimar a água cinza que será reutilizada após o uso dos moradores da residência familiar estudada. Para isso, encontra-se volume utilizado nos pontos de reúso, que são eles: Vaso Sanitário, que gera 14% do consumo da residência (Tabela 01), cerca de 4,25 m³; irrigação e lavagens de piso, os quais consomem cerca de 9,38 m³. Com isso, 13,63 m³ de água limpa deixará de ser utilizada para usos não nobres.

Levando em consideração que o consumo mensal da residência estudada é de 30,38 m³ e que 13,63 m³ do consumo total água limpa deixará de ser utilizada, logo o consumo da residência será de 16,75 m³. Esse consumo corresponde ao consumo mínimo nos pontos de água limpa.

Tomando como referência o intervalo médio de tarifa de água, a qual evidencia o custo por metro cúbico por faixa de consumo, observa-se que o novo custo mensal será de R\$ 164,27, adicionados dos 70% correspondente a cobrança fixa estabelecida pela CAERN para o serviço de esgotamento sanitário. Os valores correspondentes a nova tarifa cobrada, a partir do consumo mensal de água com a implementação do sistema foi de 164 reais e 35 centavos. Portanto, haverá uma economia de cento e setenta e um reais e trinta e nove reais (R\$ 171,39), cerca de 48,94% por mês.

Tabela 3. Economia Mensal e Acumulada. Fonte: Autoria própria.

Meses	Consumo Mensal	Consumo de Água Cinza	Tarifa Mensal	Economia Acumulada
0	30,38 m ³	13,63 m ³	R\$ 335,70	R\$ -
1	16,75 m ³	11,72 m ³	R\$ 164,27	R\$ 171,43
2	16,75 m ³	11,72 m ³	R\$ 164,27	R\$ 335,70
3	16,75 m ³	11,72 m ³	R\$ 164,27	R\$ 499,97
4	16,75 m ³	11,72 m ³	R\$ 164,27	R\$ 664,24
5	16,75 m ³	11,72 m ³	R\$ 164,27	R\$ 828,51
6	16,75 m ³	11,72 m ³	R\$ 164,27	R\$ 992,78
7	16,75 m ³	11,72 m ³	R\$ 164,27	R\$ 1.157,05
8	16,75 m ³	11,72 m ³	R\$ 164,27	R\$ 1.321,32

Após a adoção do sistema de tratamento de água doméstica, o consumo da residência familiar passará a ser de 16,75 m³ por mês. A tarifa passará a ser cobrada na faixa de consumo de intervalo entre 16 e 20 m³, que possui custo por m³ de R\$ 5,77, o que antes corresponderia a faixa de 21 a 30 m³, a qual corresponde ao valor de R\$ 6,50 por metro cúbico de água.

O consumo de água proveniente de esgoto doméstico correspondente à área externa, isto é, a lavagem de piso e a irrigação para o jardim e ao vaso sanitário, será de 9,38 m³ e 2,34 m³, respectivamente. Somente o vaso sanitário faria o uso de 14% do consumo mensal da residência familiar para quatro pessoas, o que se totaliza 11,72 m³ apenas por mês.

Com a economia de R\$ 171,43 por mês, o tempo de retorno se dará dividindo o valor total do investimento, o qual corresponde a R\$ 1.200,33 pela economia gerada pela redução do consumo de água mensal, portanto, o tempo de retorno do investimento será de 8 meses.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar que uma residência familiar possui plena capacidade de implementar um sistema barato e de fácil acesso, tratar a sua própria água e utilizá-las nos pontos de consumo não potável, tais como nos sanitários, pisos e na fertirrigação do jardim.

O volume de água produzido nos pontos de chuveiro, lavatórios e máquina de lavar mais do que supre a necessidade diária nos pontos de reutilização, haja vista que a utilização destes pontos não é utilizada com uma frequência muito grande. Vale destacar a sensibilidade do trabalho para a questão da irrigação, pois quando houver chuvas na região não necessitará irrigar as plantas, bem como lavar o piso, economizando ainda mais a água de reuso.

Com a adoção do sistema de reuso com água proveniente de esgoto doméstico haverá uma economia mensal de 55,13% no volume de água quando comparado com a distribuição de água sem o sistema de reuso. Assim, a economia na conta de água e esgoto da residência será de 48,93%, correspondendo ao valor de R\$ 171,39 por mês (cento e setenta e um reais e trinta e nove centavos).

A implantação do sistema de tratamento traz além do benefício de ordem econômica e ambiental, o qual proporciona uma redução significativa no consumo de água potável e a diminuição da quantidade de efluente emitida na rede coletora de esgoto, respectivamente. Ao se utilizar uma água já disponível após tratamento adequado, mesmo com uma qualidade inferior, evita-se utilizar água potável para este fim, poupando sua utilização em pontos que necessitam de uma água de melhor qualidade.

Contudo, o reaproveitamento dessas águas deve ser visto de maneira positiva como forma de economizar os recursos hídricos devido às vantagens e facilidade que o sistema de tratamento oferece. É necessário dar a devida importância aos recursos hídricos, tendo em vista que, a demanda por água potável cresce juntamente com o desenvolvimento da sociedade, tornando esse bem cada vez mais escasso e limitado.

CONCLUSÕES

Aliado ao tratamento da água cinza, recomenda-se a reutilização da água pluviais, onde o mesmo poderá ser armazenado num terceiro reservatório, que poderá ser reutilizado em pontos de água nobre, haja vista a excelente qualidade da água da chuva, podendo então ser utilizada para tomar banho e preparo de alimentos. Além disso, nota-se a necessidade de:

1. Automatizar o sistema de recalque pela bomba através de boias com acionamento automático, assim que o nível do reservatório superior baixar;

2. Analisar amostras de água utilizando o filtro proposto a fim de conhecer os parâmetros microbiológicos da água;
3. Analisar a viabilidade em escalas maiores, como indústrias e condomínios verticais;
4. Acompanhar e comparar a viabilidade técnica dos métodos de tratamento de água cinza mais sofisticados.
5. Análise de diferentes formas de cobrança da tarifa da água, visando uma alternativa de incentivar a economia de água.
6. Implementar e acompanhar o uso do sistema de tratamento de esgoto numa residência para poder aprimorar outras condições funcionais.

Os órgãos governamentais podem prever incentivos econômicos ao visar e promover a reutilização própria da água, tais como linhas de financiamento de crédito para facilitar a implementação de estações de tratamentos próprias e compactas.

Por fim, para a implantação de projetos desta natureza, faz-se necessário a elaboração de legislação específica para o reuso em escala nacional, fazendo com que ocorra uma padronização nos parâmetros quantitativos e qualitativos a serem levados em consideração para futuros sistemas de tratamento. Por outro lado, também será necessário diferenciar as metodologias para implementação conforme as regiões do país, já que, os fatores climáticos podem acelerar e/ou reduzir o tempo de limpeza da água.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS


- ABNT, NBR 5626 (1998). Associação Brasileira de Normas Técnicas. Instalações Prediais de Água Fria. Norma Técnica Brasileira, Rio de Janeiro. 41p.
- ANQIP, ETA 0905 (2011). Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais. Sistemas prediais de reutilização e reciclagem de águas cinzentas (SPRAC). Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais (Versão 1). 19p.
- BRASIL (1997). Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 135(6): 470 – 483.
- BRASIL (2015). Lei nº 15.630, de 29 de outubro de 2015. Institui a Constituição Estadual. Diário Oficial do Estado: Seção 1, Pernambuco, PE, 1:1-3
- BRASIL (2010). Atlas Brasil. Abastecimento urbano de água: panorama nacional. Brasília: Agencia Nacional das águas. Brasília. engecorps/cobrape. 1-72 p.
- CNRH (2005). Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

- FIESP/CIESP (2004). Conservação e Reúso de Água – Manual de orientações para o setor empresarial. São Paulo: FIESP/CIESP. 90p.
- Janoselli HRD et al. (2016). Viabilidade econômica de uma clínica veterinária no interior de São Paulo. Revista iPecege, 2(3): 86-105.
- Maiolo M et al. (2018). A proposal for multiple reuse of urban wastewater. Journal of Water Reuse and Desalination, 8(4): 468–478.
- Mais da metade da população mundial não tem acesso a saneamento básico. Agência Brasil. Disponível em: <<http://nacoesunidas.org/25-bilhoes-de-pessoas-nao-tem-acesso-a-saneamento-basico-em-todo-omundo-alert-onu/>> Acesso em: 30/03/2021.
- May S (2009). Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. Universidade de São Paulo (Tese), São Paulo. 223p.
- Mantovani EC et al. (2009). Irrigação: princípios e métodos. 3 ed. Viçosa:UFV. 318p.
- Pereira AR et al. (2020). análise comparativa das alternativas para tratamento de esgotos de residências unifamiliares. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, 8(1): 1-20.
- PNUD, (2006). Relatório do Desenvolvimento Humano. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Nova York, USA. 1101 p.
- Programa Mundial de Avaliação da Água (Nações Unidas) (2018). Relatório do Desenvolvimento Mundial da Água das Nações Unidas. (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Estados Unidos. 12p.
- Silva SÃO (2014). Análise de variáveis meteorológicas no município de Mossoró-RN. Universidade Federal Rural do Semiárido (TCC), Mossoró. 46p.
- UNESCO – Organizações das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Observatório Internacional SEBRAE. Conhecimentos que geram oportunidades. Disponível: <http://ois.sebrae.com.br/comunidades/unesco-organizacao-das-nacoes-unidas-para-a-educacao-a-ciencia-e-a-cultura/>. Acesso em: 08/01/ 2021.

Análise biométrica e trocas gasosas na fase de floração da berinjela submetida às fontes e doses de potássio

Recebido em: 03/06/2021

Aceito em: 03/06/2021

 10.46420/9786588319703cap16


Antônio Ramos Cavalcante¹ 


Lúcia Helena Garófalo Chaves^{1*} 

Laysa Gabryella de Souza Laurentino¹ 

Jean Pereira Guimarães¹ 

Washington Benevenuto de Lima¹ 

Elder Cunha de Lira² 

Jucilene Silva Araújo² 

INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma olerícola pertencente à família das solanáceas, tipicamente tropical, o que favorece a sua produção no Brasil. O cultivo em ambiente protegido vem crescendo, tornando possível sua produção em período de estiagem nas regiões semiáridas, tornando a oferta de frutos no mercado distribuída ao longo do ano (Costa et al., 2011; Possetti et al., 2011; Reis et al., 2011). O ciclo vegetativo da berinjela varia de 100 a 125 dias, dependendo da variedade, e o consumo tem aumentado notadamente devido às suas propriedades medicinais e nutricionais, como agente redutor do colesterol plasmático (Jorge et al., 1998) e o efeito hipoglicêmico (Derivi et al., 2002).

No aspecto da necessidade nutricional da planta e na fase de florescimento, o potássio é um elemento essencial no crescimento e nos processos fisiológicos, sendo importante na ativação dos sistemas enzimáticos, operando na fotossíntese, mantendo o turgor das células, regulando abertura e fechamento dos estômatos e promovendo a absorção de água (Meurer, 2009; Taiz et al., 2013).

O potássio (K) é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes, na forma iônica K^+ da solução do solo e pode ser remobilizando para as folhas jovens, com sintomas aparecendo inicialmente nas folhas mais maduras da base da planta, como clorose seguida da necrose nas pontas e bordos das folhas (Faquim et al., 2004; Meurer, 2009). Na ausência de potássio, o crescimento é muito reduzido, especialmente em plantas que têm poucas reservas na semente e/ou plântulas (Barreto et al., 2000). Quando se refere às fontes de potássio mais usadas pelos agricultores são citados o cloreto de potássio, o sulfato de potássio e o nitrato de potássio. O cloreto de potássio corresponde por cerca de 95% de todo potássio utilizado na agricultura devido às altas concentrações de

¹ Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB.

² Instituto Nacional do Semiárido. Campina Grande, PB.

*Autora correspondente: lhgarofalo@hotmail.com

K e menor preço em relação às outras fontes (Potafos, 1990). De modo geral, o potássio é o nutriente mais exigido pelas hortaliças, principalmente a berinjela (Faquim et al., 2004).

Porém, os principais problemas desse nutriente estão relacionados à absorção do fluxo de massa, que é o contato com a superfície das raízes, carregado pela água, sendo o potássio considerado um “nutriente de luxo”, ou seja, as plantas tem capacidade de absorver mais potássio do que as suas necessidades, em alguns casos até superior à sua necessidade, e, dependendo da fonte, essa absorção pode causar toxidez à berinjela (Barber, 1995). No entanto, o suprimento por fluxo de massa depende da quantidade de água transpirada pela planta e do teor do K na solução do solo. A difusão, que é o principal mecanismo de suprimento do K às raízes, ocorre em resposta a um gradiente resultante das diferenças de concentração do K entre a superfície das raízes e da rizosfera (Meurer, 2009).

Dada a importância do cultivo da berinjela em regiões semiáridas, e escassez de informações na literatura referentes a fase de floração e aos aspectos fisiológicos em resposta a adubação com fontes de potássio, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as influências de diferentes fontes e doses de potássio nas variáveis biométrica e fisiológicas da berinjela.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de janeiro a abril de 2019, em casa de vegetação agrícola, na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Campina Grande-PB, nas coordenadas geográficas de 7 ° 15 '18' 'S, 35 ° 52' 28 " W e altitude média de 550 m.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4, com 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os fatores constituíram-se de três fontes de potássio - F: nitrato (KNO_3), sulfato (K_2SO_4) e cloreto (KCl) de potássio e quatro doses - D (5, 10, 15 e 20 g por planta).

Cada unidade experimental foi composta de um vaso preenchido com 12 kg de solo, com espaçamento de 1,30 m entre linhas e 0,7 m entre plantas, sendo conduzida uma planta por vaso. As amostras de Argissolo Acinzentado, utilizado no experimento, foram coletadas em Alagoa Nova/PB na camada de 0-20 cm de profundidade, seco ao ar, peneirado de malha de 2,0 mm e caracterizado segundo Teixeira et al. (2017) quanto aos atributos químicos: pH (H_2O) = 5,3; Ca = 1,67 cmolc kg^{-1} ; Mg = 1,56 cmolc kg^{-1} ; Na = 0,04 cmolc kg^{-1} ; K = 79,30 mg dm^{-3} ; H + Al = 7,21 cmolc kg^{-1} ; Al = 0,40 cmolc kg^{-1} ; P = 3,88 mg kg^{-1} ; MO = 28,63 g kg^{-1} .

A adubação foi realizada com base na marcha de absorção de nutrientes da cultura da berinjela, calculada de acordo com exigência total para o ciclo da cultura em g por planta, obedecendo aos seguintes valores: 14; 6; 25; 10 e 2 g por planta, para N, P, K, Ca, Mg, respectivamente (Trani et al., 2004). A aplicação de potássio foi realizada de forma parcelada, aos 20, 25 e 30 dias após o semeio - DAS. As fontes utilizadas foram: nitrato de cálcio, sulfato de magnésio e fosfato monoamônico.

Em cada unidade experimental foram semeadas 10 sementes de berinjela, cv “Embú” e a cada 5 dias após a emergência, foram feitos os desbastes até os 21 DAS. A irrigação foi manejada de forma a manter a umidade do solo em torno de 80% da capacidade de campo.

As variáveis biométricas altura de plantas (cm), diâmetro do caule (mm), número de folhas (unidade) e área foliar (cm²), foram mensuradas aos 60 DAS. A altura da planta foi determinada do colo da planta até a bifurcação da última folha; o diâmetro foi mensurado no colo da planta a 0,02 m do solo; na contagem do número de folhas consideraram-se as que estavam sadias, fotossinteticamente ativas, totalmente expandidas e com comprimento mínimo da nervura central de 3 cm; e, a área foliar foi determinada medindo largura e comprimento, calculado pela equação desenvolvida por Hinnah et al. (2014) de $X = 10,997 + 0,4410 \times C \times L$, onde X é a área foliar (cm²), C é o comprimento e L é a largura das folhas (cm).

A avaliação das trocas gasosas foi realizada aos 40 DAS, no período de 07 h e 30 min às 09 h da manhã, na terceira folha contada a partir do ápice da planta, em plena fase vegetativa; para tanto, utilizou-se um analisador de gás infravermelho IRGA (ACD, modelo (LCpro+, BioScientific Lt) com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹ e fonte de luz acoplada de 1200 μmol m⁻² s⁻¹. Na ocasião foram mensuradas a concentração interna de carbono (C_i) (μmol m⁻² s⁻¹), condutância estomática (g_s) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), taxa de fotossíntese líquida (A) (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹). A partir desses valores foram calculados: Eficiência instantânea no uso da água (EIUA) e Eficiência instantânea de carboxilação (EIC):

$$EIUA = \frac{\text{Fotossíntese líquida}}{\text{Transpiração}} [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})] \quad (1)$$

$$EIC = \frac{\text{Fotossíntese líquida}}{\text{Concentração interna de carbono}} [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})] \quad (2)$$

Os dados do teor relativo de clorofila (SPAD) foram determinados mediante as leituras com clorofilômetro, modelo Minolta SPAD-502, na parte mediana da folha, em 3 folhas por planta na fase de florescimento da berinjela, fazendo uma média entre os valores coletados.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e, quando significativos utilizou-se análise de regressão polinomial para doses de potássio e comparação entre médias para fontes pelo teste de T-Tukey (p < 0,05). Todos os cálculos estatísticos foram realizados com o programa SISVAR 5.4 (Ferreira 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 1), observou-se interação entre os fatores fonte (F) x dose (D), ao nível de 1% de probabilidade, para as variáveis altura da planta, diâmetro do caule e área

foliar, enquanto que, para o número de folhas houve efeito significativo apenas dos fatores de forma isolado, aos níveis de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente para fontes e doses.

Tabela 1. Análise de variância das variáveis altura de planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) da berinjela submetida a fontes e doses de potássio.

Fonte de Variação	Quadrado Médio				
	GL	AP	DC	NF	AF
Fontes (F)	2	149,68**	3,92**	24,10**	673572,2**
Doses (D)	3	18,38**	0,20**	15,61*	189703,4**
Reg. Linear	1	10,26**	0,23 ^{ns}	13,21 ^{ns}	98,60 ^{ns}
Reg. Quadrática	1	44,87*	0,46 ^{ns}	32,76**	433067,01**
D x F	6	58,58**	1,65**	5,03 ^{ns}	320120,5**
D x Cloreto	3	15,55**	1,44**	10,28 ^{ns}	546941,12**
Reg. Linear	1	11,07**	0,04 ^{ns}	13,60 ^{ns}	63122,16 ^{ns}
Reg. Quadrática	1	17,47**	0,05 ^{ns}	2,50 ^{ns}	157472,06*
D x Nitrato	3	16,72**	0,21 ^{ns}	8,39 ^{ns}	14053,63 ^{ns}
Reg. Linear	1	2,11 ^{ns}	0,49 ^{ns}	6,61 ^{ns}	20221,6 ^{ns}
Reg. Quadrática	1	6,00*	0,15 ^{ns}	14,06 ^{ns}	21915,8 ^{ns}
D x Sulfato	3	103,22**	1,84**	7,00 ^{ns}	268949,6**
Reg. Linear	1	13,50**	1,57**	0,001 ^{ns}	141559,6 ^{ns}
Reg. Quadrática	1	177,75**	1,76**	20,99**	353974,4 ^{ns}
Erro	36	1,22	0,17	3,71	36706,7
CV	%	3,81	6,55	17,82	12,56

^{ns} Não significativo; **, * Significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F.

Analisando o desdobramento do fator fonte dentro das doses de potássio na variável altura da planta (Figura 1A), observou-se efeito significativo nas plantas adubadas com 10, 15 e 20 g planta⁻¹, com a maior altura da planta na dose de 10 g por planta (39,05 cm) na fonte de K₂SO₄, e uma redução de 38,8 e 32,3% quando comparado com as fontes KCl e KNO₃, respectivamente. A regressão polinomial da interação entre as fontes de potássio com as doses (Figura 1B), indicou altura máxima da planta de 36,7 e 28,4 cm, respectivamente, nas doses de 13,1 e 20 g por planta com as fontes K₂SO₄ e KCl. Para as plantas adubadas com KCl houve redução de 8,3 cm, tornado assim inviável a adubação com esse produto na cultura da berinjela em relação K₂SO₄, KNO₃. No entanto, Monaco et al. (2016) observaram, em média, altura de 66,2 cm, estudando a fertirrigação com doses 0; 36; 72; 108 e 144 kg ha⁻¹ de KCl na cultura da berinjela cv ‘Çiça’.

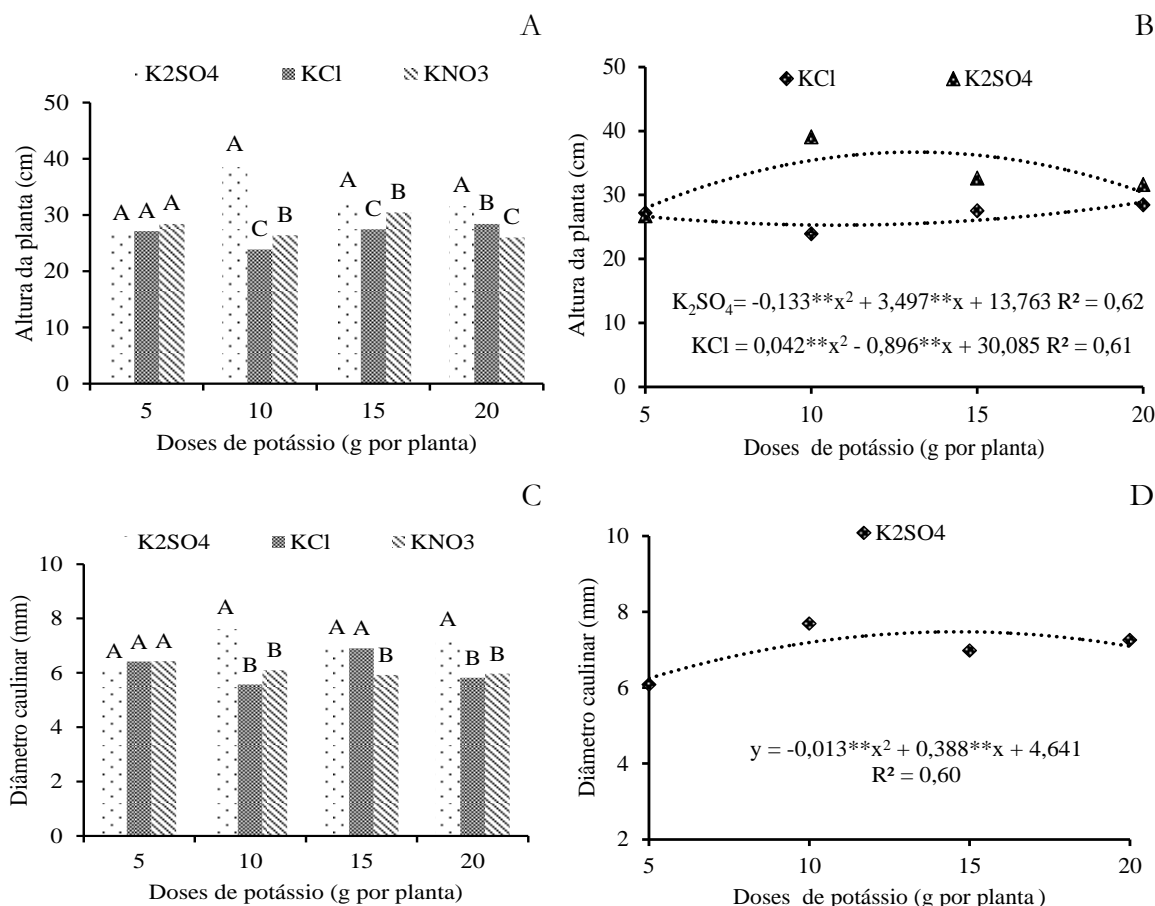


Figura 1. Interação entre as fontes e doses de potássio para altura da planta (A) e diâmetro do caule (C); interações entre as doses e fontes para a altura da planta (B) e diâmetro do caule (D). Fonte: os autores.

Em relação ao diâmetro caulinar, verificou-se significância no desdobramento das fontes dentro de cada dose (Figura 1C), sendo o K₂SO₄ que ocasionou o maior diâmetro nas doses de 10, 15 e 20 g por planta de 7,69; 6,97; 7,25 mm, respectivamente. No desdobramento das doses dentro do fator fonte (Figura 1D), nota-se que apenas os dados de K₂SO₄ se ajustaram ao modelo polinomial quadrático, com valor máximo no diâmetro caulinar de 7,46 mm na dose de 14,58 g planta⁻¹.

Souza et al. (2017) estudando a cultura da berinjela encontraram um diâmetro de 15,8 mm aos 107 DAS. Ao comparar com resultados do presente trabalho, observa um desempenho satisfatório no diâmetro caulinar aos 60 DAS sendo atribuído à baixa salinidade do K₂SO₄, sendo um dos fatores limitantes para agricultura. Conforme Oliveira et al. (2016), o fornecimento de altos níveis de fertilizantes pode aumentar a salinidade do solo, promovendo a redução da absorção de água, inibição da atividade do meristema e prolongamento celular e, conseqüentemente, redução da eficiência agrônômica dos nutrientes.

Em relação ao número de folhas, verificou-se efeito significativo das fontes (Figura 2A) com o maior valor médio de 12,14 folhas por plantas para o K₂SO₄ quando comparado com o KCl (9,73 folhas

por planta), porém não houve diferença significativa quando comparado com a fonte de KNO₃. Conforme a Figura 2B, o número de folhas se ajustou ao modelo polinomial quadrático em função das doses de potássio, com o número máximo de folhas de 11,9 por planta na dose de 11,1 g por planta.

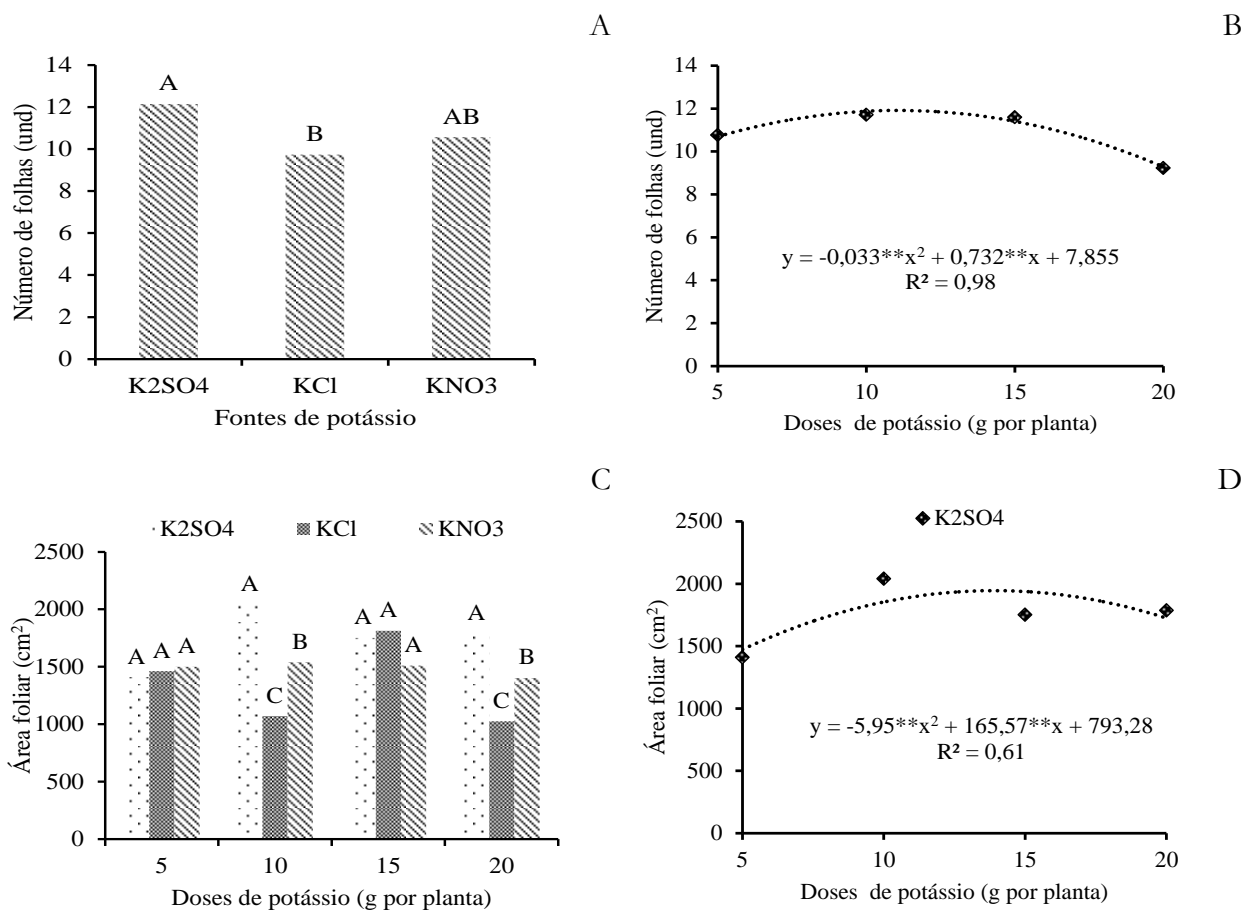


Figura 2. Efeito das fontes (A) e das doses de potássio (B) para número de folhas; interação entre as fontes *vs* doses de potássio para área foliar (C); interações entre as doses *vs* fontes para área foliar (D). Fonte: os autores.

Analisando o efeito das doses dentro de cada fonte na área foliar (Figura 2C), observou-se que nas doses de 10 e 20 g por planta as fontes de potássio influenciaram significativamente sendo que as maiores áreas foliares corresponderam a K₂SO₄ apresentando 2041,125 cm² e 1787,1 cm², respectivamente. Observa o efeito do desdobramento da fonte dentro de cada dose, verificou-se que K₂SO₄ (Figura 2D) ocasionou efeito significativo ajustando ao modelo quadrático com valor máximo de 1945,2 cm² na dose de 13,9 g por planta.

Conforme a análise de variância observa-se que houve efeito significativo na interação doses e fontes de potássio nas variáveis concentração interna de carbono, fotossíntese líquida, condutância estomática e eficiência instantânea de carboxilação, enquanto nos fatores isolados verificou-se efeitos significativo na transpiração e SPAD na cultura da berinjela (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para concentração interna de carbono (Ci) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E), taxa de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs), eficiência instantânea no uso da água (EIUA-A/E) e eficiência instantânea de carboxilação (EICi-A/Ci), SPAD submetido a fontes e doses de potássio na fase de floração.

Fonte de Variação	Quadrado Médio							
	GL	Ci	E	A	Gs	EIUA	EIC	SPAD
Fontes (F)	2	69,75 ^{ns}	4,81 ^{**}	38,78 ^{**}	0,052 ^{**}	0,57 [*]	0,0008 ^{**}	3,82 ^{ns}
Doses (D)	3	409,74 [*]	8,61 ^{**}	78,73 ^{**}	0,063 ^{**}	0,38 ^{ns}	0,0016 ^{**}	87,10 ^{**}
Reg. Linear	1	26,00 ^{ns}	16,59 ^{**}	73,87 ^{**}	0,096 ^{**}	1,11 [*]	0,001 ^{**}	127,1 ^{**}
Reg. quadrática	1	892,68 [*]	8,06 ^{**}	128,02 ^{**}	0,076 ^{**}	0,008 ^{ns}	0,003 ^{**}	100,4 ^{**}
D x F	6	314,47 [*]	1,34 ^{ns}	18,73 ^{**}	0,033 ^{**}	1,85 ^{**}	0,0003 ^{**}	4,02 ^{ns}
D x Cloreto	3	280,73 ^{ns}	3,01 [*]	91,66 ^{**}	0,10 ^{**}	1,36 ^{**}	0,002 ^{**}	46,74 ^{**}
Reg. Linear	1	43,51 ^{ns}	8,56 ^{**}	110,63 ^{**}	0,13 ^{**}	0,58 ^{ns}	0,0016 ^{**}	94,02 ^{**}
Reg. quadrática	1	742,56 [*]	0,38 ^{ns}	83,63 ^{**}	0,03 ^{**}	1,86 ^{**}	0,0020 ^{**}	27,37 ^{**}
D x Nitrato	3	133,72 ^{ns}	6,51 ^{**}	13,60 [*]	0,014 ^{ns}	2,63 ^{**}	0,0003 [*]	29,18 ^{**}
Reg. Linear	1	32,51 ^{ns}	12,48 ^{**}	13,53 [*]	0,027 ^{ns}	6,62 ^{**}	0,00006 ^{ns}	32,64 ^{**}
Reg. quadrática	1	351,56 ^{ns}	7,06 ^{**}	26,49 ^{**}	0,016 ^{ns}	2,01 ^{**}	0,00075 ^{**}	52,20 ^{**}
D x Sulfato	3	624,23 ^{**}	1,76 ^{ns}	10,93 [*]	0,014 ^{ns}	0,096 ^{ns}	0,0003 ^{**}	19,22 ^{**}
Reg. Linear	1	63,01 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,048 ^{ns}	0,00006 ^{ns}	16,92 ^{**}
Reg. quadrática	1	33,06 ^{ns}	2,69 ^{ns}	28,14 ^{**}	0,028 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,00050 [*]	24,01 ^{**}
Erro	36	129,42	0,84	3,15	0,0084	0,164	0,00007	3,88
CV	%	4,46	18,70	10,93	24,44	12,16	13,58	5,35

^{ns} não significativo; ^{**} significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F

O efeito da interação doses e fontes de potássio foi significativo na concentração interna de carbono (Figura 3A), com valor máximo de 266,34 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ utilizando 20 g por planta de KCl. Conforme Silva et al. (2015), estudando a cultura da berinjela observaram uma concentração interna de CO₂, 244,87 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, aplicando uma lâmina de irrigação de 166% da ETc. Ao comparar com presente trabalho, com irrigação a 80% da capacidade de campo, indica que as doses de potássio influenciaram positivamente na concentração interna de carbono.

Na fisiologia da berinjela, a transpiração exerce função fundamental para o desenvolvimento da planta, que é a liberação e absorção de água e nutrientes para o seu desenvolvimento, fato este observado quando se analisa a transpiração da berinjela (Figura 3B) que o K₂SO₄ ocasionou a maior transpiração de 5,51 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹ não diferenciando estatisticamente da KNO₃. Segundo Lima et al. (2010), o comportamento estomático determina a demanda de transpiração que as folhas estão potencialmente sujeitas controlando sua perda de H₂O para o ambiente, na forma de vapor de água. Silva et al. (2015), estudando a cultura da berinjela com lâmina de irrigação, observaram uma transpiração de 3,4 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹. Ao comparar com resultado obtido no presente trabalho na fonte de K₂SO₄ observa um aumento de 38,29% no ganho de água em forma de vapor. Conforme a Figura 3C, doses crescentes de potássio influenciaram, de forma quadrática, na transpiração da berinjela, com o ponto máximo de 5,61 H₂O m⁻² s⁻¹ na dose de 9,28 g por planta. Souza et al. (2017) estudando a cultura da berinjela com doses

de potássio encontraram uma taxa de transpiração de (2,74 mmol m⁻² s⁻¹ de H₂O) com uma dose de 185 kg ha⁻¹ de potássio.

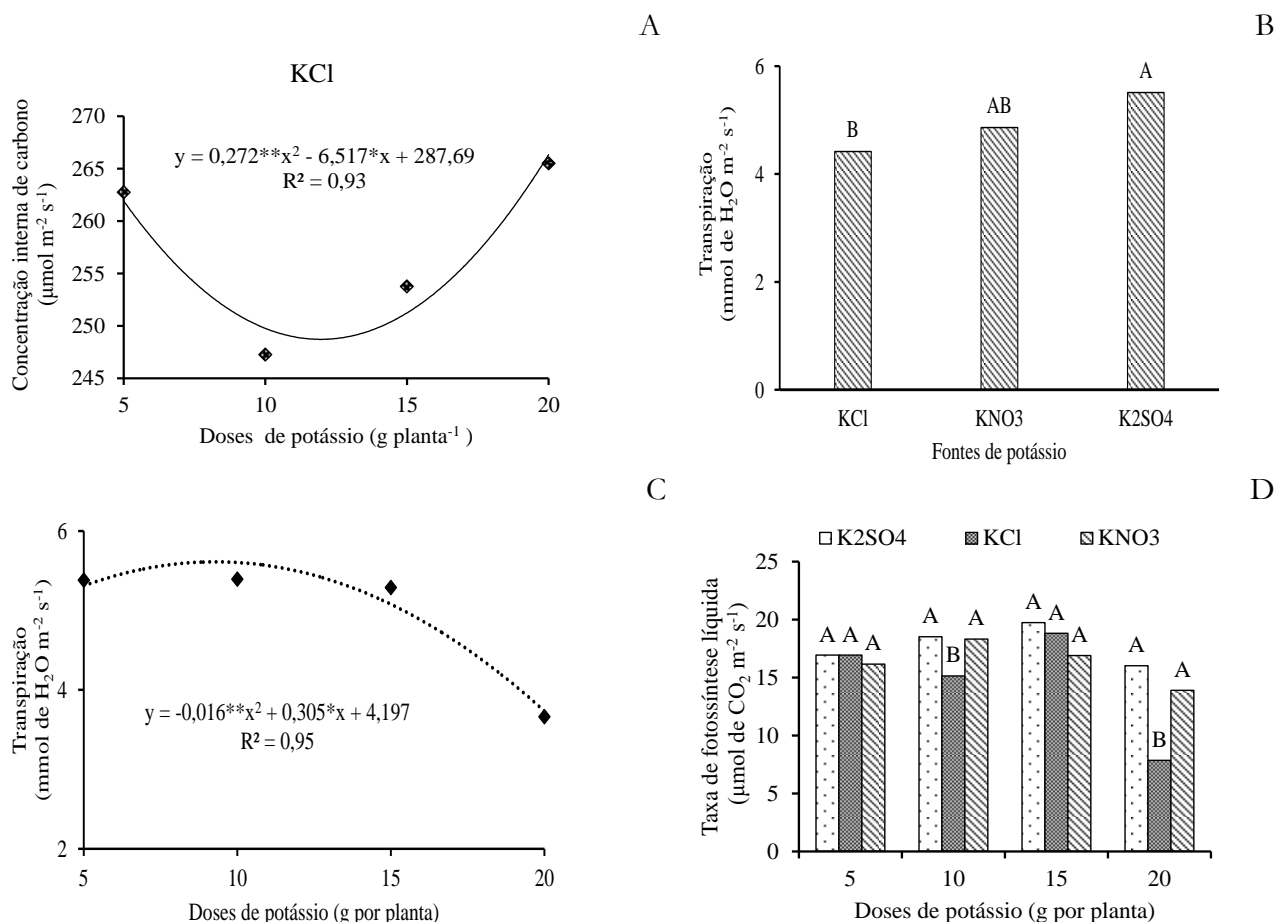


Figura 3. Concentração interna de carbono para fonte e doses de potássio (A), transpiração para fontes de doses de potássio (B), transpiração para doses de potássio (C) e interação fontes *vs* doses de potássio para taxa de fotossíntese líquida (D).

Na interação fontes *vs* doses de potássio, a taxa de fotossíntese líquida (Figura 3D) foi influenciada pelas fontes, no entanto, apenas com as doses 10 e 20 g por planta de adubo potássico, sendo que os menores valores médios de 15,1 e 7,84 μmol de CO₂ m⁻²s⁻¹, respectivamente, foram observados com a fonte KCl. Entre as fontes K₂SO₄ e KNO₃ não houve diferença estatística, sendo que os melhores resultados variaram entre 16 a 19,7 μmol de CO₂ m⁻²s⁻¹. Conforme estudos desenvolvidos por Brandão Filho et al. (2003) estudando o híbrido “Nápoli”, observaram valores próximos do encontrado no presente estudo de 19 μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹ em cultivo protegido.

Verificou-se também interação de doses dentro de cada fonte para taxa de fotossíntese líquida (Figura 4A), com os dados ajustados ao modelo quadrático polinomial.

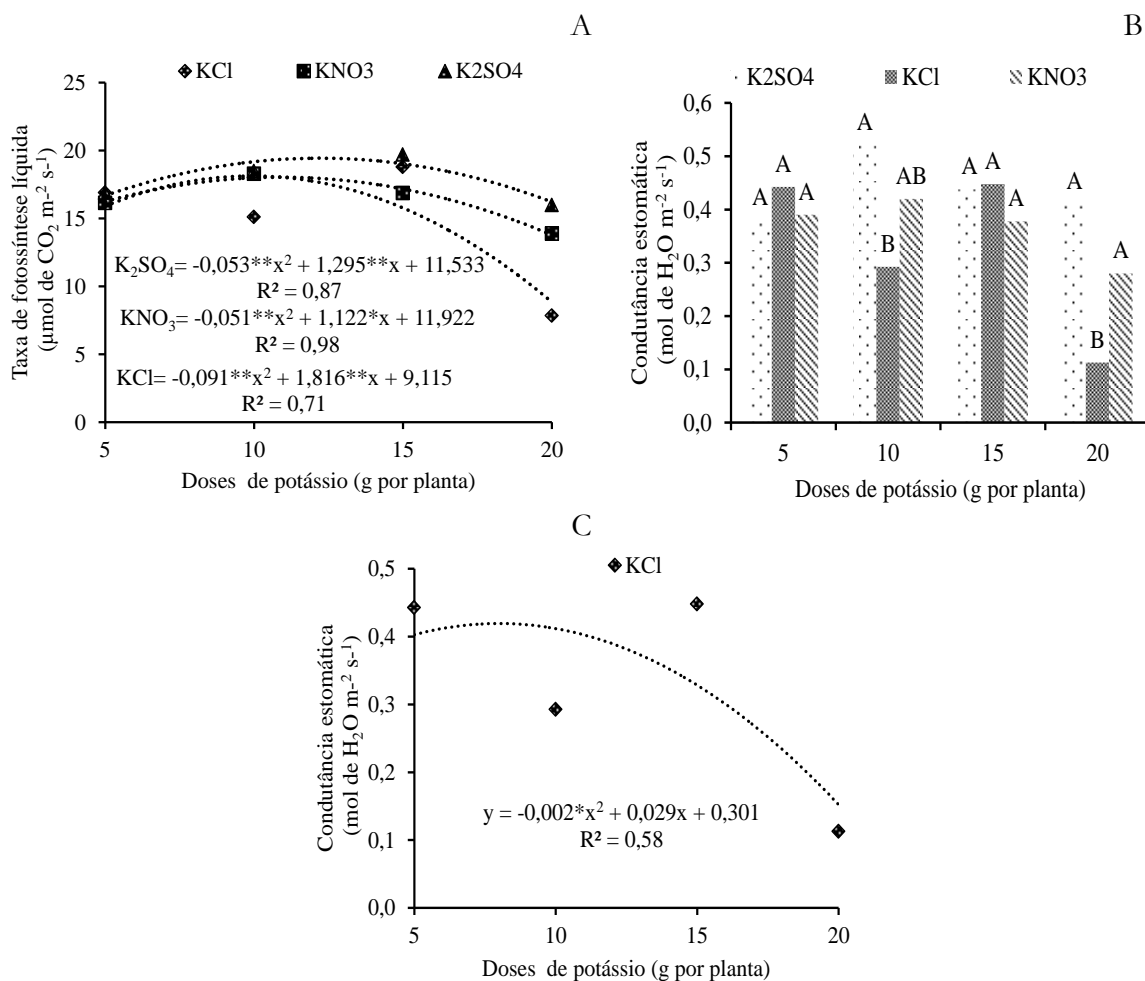


Figura 4. Interação de doses *vs* fontes de potássio para taxa de fotossíntese líquida (A), interação de fontes *vs* doses de potássio para condutância estomática (B) e interação de doses *vs* fontes de potássio para condutância estomática na cultura da berinjela (C).

Os valores médios máximo de 18,12; 18,03; 19,43 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ foram observados para as fontes de KCl, KNO₃ e K₂SO₄ nas doses de 9,92; 10,89 e 12,19 g por planta, respectivamente. Conforme Silva et al. (2010), que a disponibilidade hídrica ou nutricional no solo pode causar fechamento estomático limitando a condutância estomática e a transpiração, o que reduz, consequentemente, a taxa de fotossíntese.

A condutância estomática da berinjela foi influenciada pela interação fontes *vs* doses de potássio (Figura 4B) pelo teste de média, observando diferença estatística nas doses de 10 e 20 g por planta não havendo diferença entre as fontes K₂SO₄ e KNO₃ com valores médios de 0,52 e 0,41 mol de H₂O m⁻² s⁻¹ na K₂SO₄ e 0,42 e 0,28 mol de H₂O m⁻² s⁻¹ na fonte de KNO₃, respectivamente. A fonte KCl ocasionou o fechamento estomático da berinjela com os menores valores médios de 0,29 e 0,11 mol de H₂O m⁻² s⁻¹, ou seja, quanto maior a concentração de KCl no solo, maior será o estresse da planta, ocasionado o fechamento dos estômatos. Conforme Silva et al. (2015), estudando os efeitos da umidade no solo na condutância estomática para berinjela, observaram valor médio máximo de 0,24 mol de H₂O m⁻²s⁻¹ com

lâmina estimada de 159,48% da ETC. Neste caso, K₂SO₄ e KNO₃ ocasionaram a maior abertura estomática dando condições para a berinjela realizar o processo fisiológico, sem que haja interferência na abertura estomática.

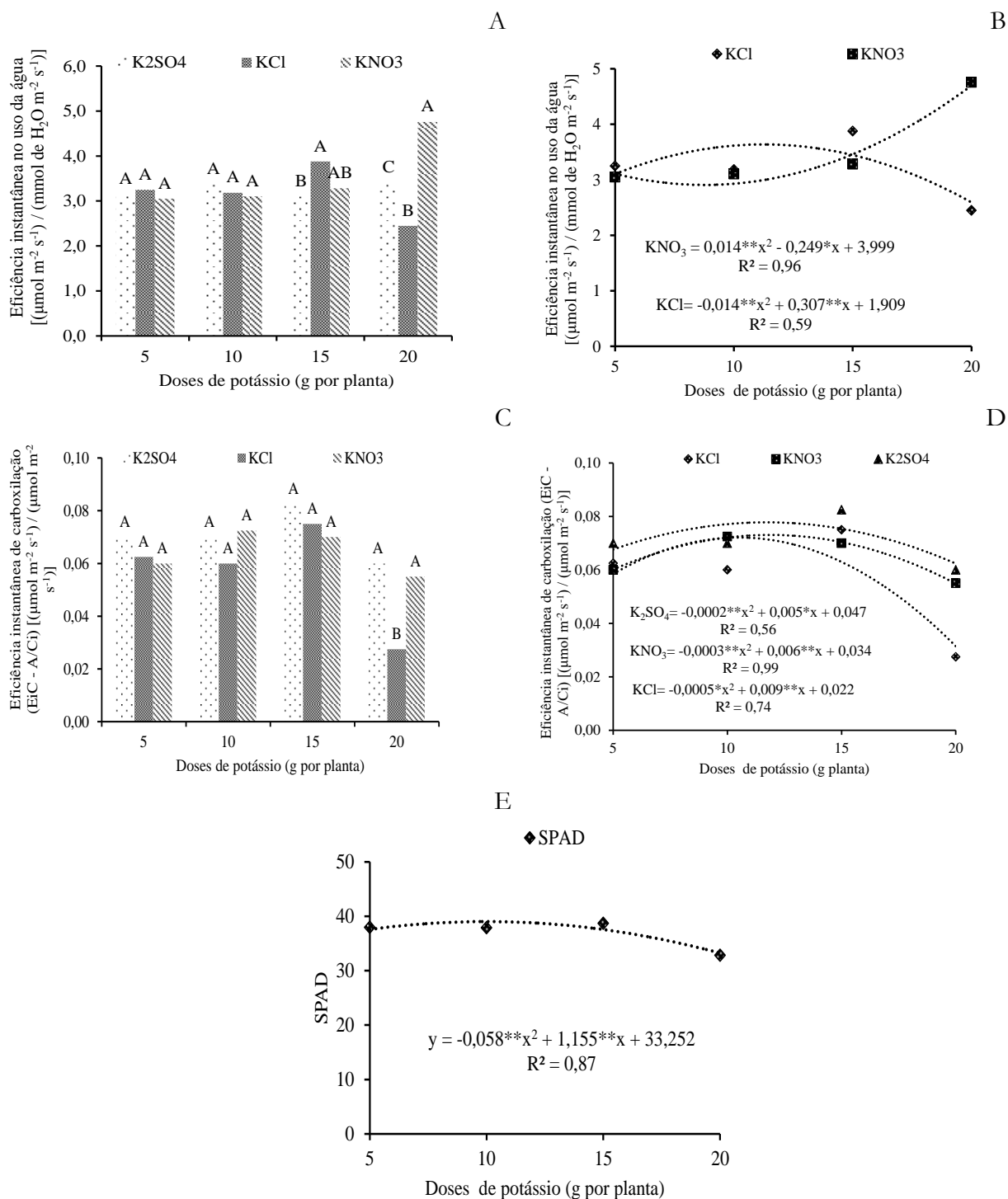


Figura 5. Interação fontes *vs* doses de potássio para eficiência instantânea no uso da água (A) interação doses *vs* fontes de potássio para eficiência instantânea no uso da água (B), interação fontes *vs* doses de potássio para eficiência instantânea de carboxilação (C) interação doses *vs* fontes de potássio para eficiência instantânea de carboxilação (D) e doses de potássio para SPAD (E) para a cultura da berinjela.

Doses crescentes de KCl influenciaram significativamente a condutância estomática (Figura 4C), com os dados ajustados de forma quadrática polinomial, com ponto máximo de $0,41 \text{ H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ na dose de 7,76 g por planta, ocorrendo o fechamento estomático das folhas de berinjelas com doses acima. Uma das principais razões para o fechamento dos estômatos está relacionada a aplicação de altas doses ou, aplicação excessiva, de cloreto de potássio, já que isto ocasiona estresse salino no solo por causa do alto índice salino deste adubo (Prazeres et al., 2015), ou a condutância estomática pode ser limitada por um baixa disponibilidade de K, de acordo com a Lei do Mínimo (Liebig, 1840). Ao comparar com o comportamento da condutância estomática no presente estudo, verifica que o aumento nas doses de K ocasionou o fechamento dos estômatos.

Em relação a eficiência instantânea no uso da água, observou-se interação entre as fontes *vs* doses de potássio (Figura 5A) em comparação de média pelo teste de Tukey, com diferença significativa nas doses de 15 e 20 g por planta, com valores máximo de $3,87 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ na fonte de KCl e $4,75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ para fonte KNO_3 , respectivamente.

Ao analisar a interação fontes *vs* doses de potássio (Figura 5B), verificou-se efeito significativo nas fontes de KCl e KNO_3 com a maior eficiência de 3,62 e 4,69 $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ nas doses de 11,2 e 20 g por planta, respectivamente.

A eficiência instantânea de carboxilação da berinjela foi influenciada pela interação fontes *vs* doses de potássio (Figura 5C) apenas na dose de 20 g por planta, com eficiência de 0,06 e 0,05 $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})]$ para as fontes K_2SO_4 e KNO_3 , respectivamente, com a menor eficiência de 0,027 $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})]$ na fonte de KCl. Conforme estudo desenvolvido por Souza et al. (2017) na cultura da berinjela com doses de potássio, observaram eficiência de $(0,107 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ na dose de K de 125 kg ha^{-1} , promovendo a maior eficiência do encontrado no presente estudo. Na interação doses *vs* fontes de potássio (Figura 5D) observou-se a maior eficiência de 0,066; 0,069 e 0,082 $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$ nas fontes KCl, KNO_3 e K_2SO_4 nas doses de 9,4, 10,8 e 13,25 g por planta, respectivamente. Corroborando com o presente estudo, Silva et al. (2015) encontraram uma eficiência de $0,05 (\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1})$ na lâmina de 123,52% da ETc. Ao analisar o SPAD, verificou-se efeito significativo no fator isolado para doses de potássio (Figura 5E) com os dados ajustando-se ao modelo quadrático polinomial, com o maior valor de SPAD, 39,01 foi observada com a dose 9,97 g de K por planta; a partir desta dose até a maior, 20 g por planta, houve uma redução de 14,89% dos valores de SPAD.

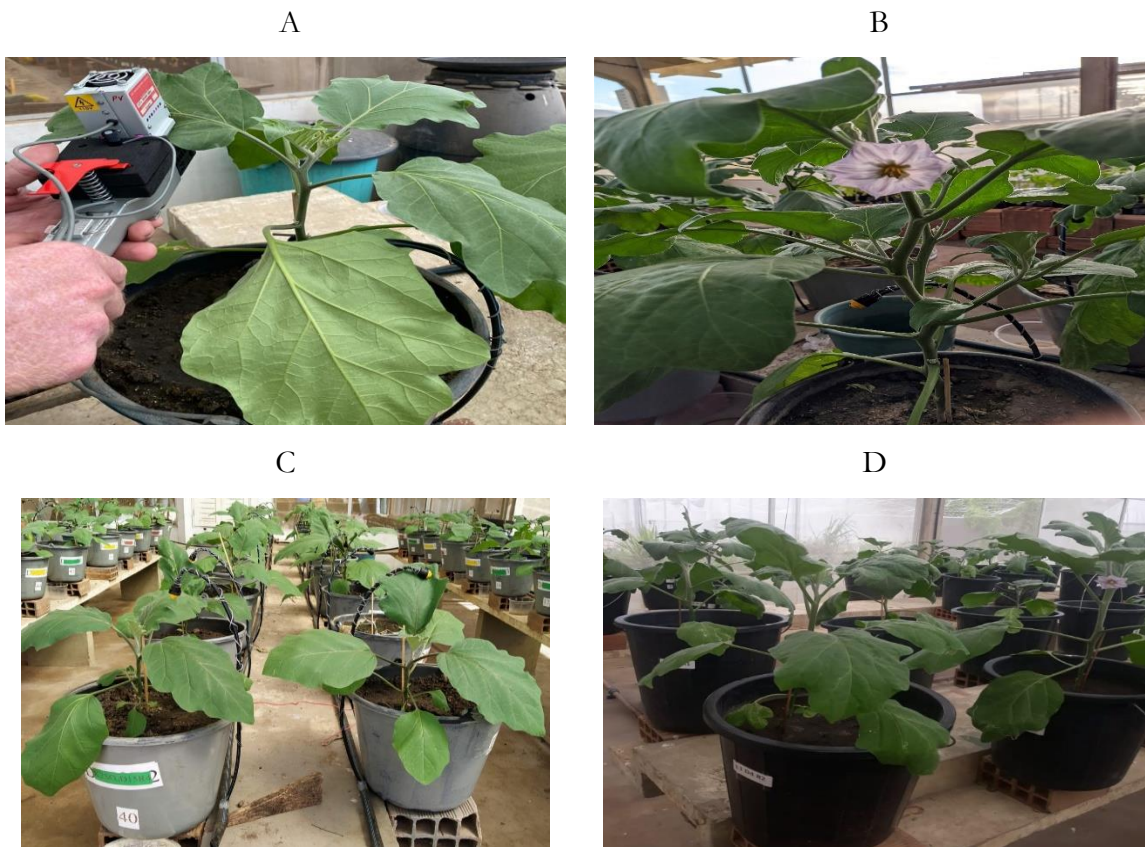


Figura 6. Leitura com clorofilômetro na parte mediana da folha de berinjela (A); detalhe do gotejador de irrigação nos vasos (B); visão geral do experimento de berinjela (C); plantas na época de florescimento.

CONCLUSÕES

- Nas variáveis de crescimento, observou-se os melhores resultados de 2041,12 cm², 39,05 cm, 7,6 mm para área foliar, altura e diâmetro do caule, na dose de 10 g por planta na fonte de sulfato de potássio.
- Nas variáveis fisiológica, verificou-se que a maior concentração na condutância estomática (0,52 mol de H₂O m⁻² s⁻¹) foi obtido na dose de 10 g por planta e com a fonte sulfato de potássio.
- Na eficiência instantânea no uso da água na berinjela, conclui-se que a maior eficiência 4,75 μmol m⁻² s⁻¹ / (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹) na fonte nitrato de potássio e eficiência instantânea de carboxilação de 0,06 [(μmol m⁻² s⁻¹) / (μmol m⁻² s⁻¹)] foi obtida na fonte sulfato de potássio.
- Em relação às fontes de potássio, conclui-se que o sulfato obteve os melhores resultados na fase de floração e fisiológica, enquanto que o cloreto ocasionou redução nas variáveis estudadas, não sendo recomendado para a adubação da berinjela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barber SA (1995). Soil nutrient bioavailability. A mechanistic approach. 2. Ed. New York: John Wiley & Sons. 414p.
- Barreto LP et al. (2000). O potássio no metabolismo vegetal. UFRPE. Recife. 58p.
- Brandão Filho JUT et al. (2003). Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. Horticultura Brasileira, 21(3): 474-477.
- Costa E et al. (2011). Qualidade de mudas de berinjela submetida a diferentes métodos de produção. Revista Ciência Agronômica, 42(4): 1017-1025.
- Derivi SCN et al. (2002). Efeito hipoglicêmico de rações à base de berinjela. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 22(2): 164-169.
- Faquim V et al. (2004). Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE. 88p.
- Ferreira DF (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. Ciência Agronômica, 35(6): 1039-1042.
- Jorge PAR et al. (1998). Efeito da berinjela sobre os lípides plasmáticos, a peroxidação lipídica e a reversão da disfunção endotelial na hipercolesterolemia experimental. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, 70(2): 87-91.
- Hinnah FD et al. (2014). Estimativa da área foliar da berinjela em função das dimensões foliares. Bragantia, 73(3): 213-218.
- Liebig J (1840). Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie (Organic chemistry in its applications to agriculture and physiology). Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn.
- Lima MDA et al. (2010). Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. Revista Ciência Agronômica, 41(4): 654-663.
- Meurer EJ (2009). Potássio. In: Fernandes, MS. (editor). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: SBCS/UFV. 281-298p.
- Monaco KA et al. (2016). Crescimento, produção e composição química de berinjela 'ciça' sob fertirrigação potássica. Acta biológica colombiana, 21(2): 423-430.
- Oliveira FDA et al. (2016). Eficiência da fertirrigação nitrogenada e potássica na produção de pimentão cultivado em ambiente protegido. Revista de Ciências Agrárias, 59(3): 293-301.
- Possetti T et al. (2011). Produção, composição centesimal e qualidade microbiológica de farinha de berinjela (*Solanum melongena*, L.). Enciclopédia Biosfera, 7(13): 1511-1518.
- Potafos (1990). Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna. Piracicaba: POTAFOS. 45p.
- Prazeres SS et al. (2015). Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. Revista Agro@mbiente On-line, 9(2): 111-118.

- Reis FO et al. (2011) Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro. *Revista Brasileira de Agrociência*, 17(3): 284-295.
- Silva CDS et al. (2010). Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. *Revista Caatinga*, 23: 7-13.
- Silva FGD et al. (2015). Gas exchange and chlorophyll fluorescence of eggplant grown under different irrigation depths. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(10): 946-952.
- Souza AHC et al. (2017). Effect of fertigation with potassium and nitrogen on gas exchange and biomass accumulation in eggplant1. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 47(3): 345-352.
- Taiz L et al. (2013). *Fisiologia Vegetal*. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed. 918p.
- Teixeira PC et al. (2017). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos. 573p.
- Trani PE et al. (2004). *Fertirrigação em hortaliças*. Campinas: Instituto Agrônomo. 58p. (Boletim Técnico IAC, 196).

ÍNDICE REMISSIVO

A

alelopatia, 27, 32, 33, 35
Alto Alegre/RR, 6, 9
altura, 11, 164, 174, 175, 176, 177, 197, 198, 199, 207
área de preservação permanente, 4, 160
Ateleia glazjoviana, 4, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34
atividades antrópicas, 160, 161

B

babaçu, 4, 125, 126, 128, 129, 132, 135, 136, 137
bacias hidrográficas, 100, 121, 123, 160
berinjela, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 202, 203, 204, 206, 207, 208
blocos ecológicos, 9, 10, 11

C

Canavalia ensiformis, 82
cobertura vegetal, 4, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 107, 110, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 165
condições climáticas, 58, 139, 144, 145, 148
controle químico, 70
cultivo, 4, 33, 36, 37, 41, 48, 49, 51, 57, 82, 88, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 172, 195, 196, 203

D

degradação ambiental, 102, 160
dieta, 49, 56, 57, 59, 60, 65, 68

E

espécies ameaçadas de extinção, 151, 154, 155, 156

F

fibra, 53, 55, 64, 184
fisiologia, 136, 203
fotossíntese, 15, 18, 19, 20, 32, 144, 175, 195, 197, 200, 202, 203, 204

G

genética, 4, 49, 148, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156
genótipos, 138
germinação, 4, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 136, 180

H

habitação popular, 4, 6
heading phenophase, 91, 92, 95, 96
Heatwave, 91, 92, 93, 94, 95

I

inibição, 28, 32, 199
inoculante, 172

L

Lactuca sativa L., 29, 34, 138, 148
levedura, 51, 52, 54, 55, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 65

M

mamão, 4, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 57
marcadores dominantes, 151, 153, 155
massa seca, 30, 32, 139, 144, 174, 177
melão, 4, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65
micro-organismo, 51, 54, 56, 61, 64, 65
modelos estatísticos, 4, 125, 127
mutirão, 6, 8, 9, 10, 12

N

NDVI, 104, 108, 109, 110, 115, 116, 117, 118, 119, 120
nitrogênio, 18, 20, 61, 82, 172, 177, 178, 179

P

parasitoide, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 80
populações naturais, 126, 129, 135, 151, 153
potássio, 59, 89, 173, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209

R

ração, 4, 48, 50, 58, 125
raiz, 29, 30, 32, 178
rendimento, 58, 60, 89, 126, 135, 143, 145, 179

S

seletividade, 4, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76,
78

sementes, 18, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 38, 39,
90, 125, 136, 137, 148, 150, 173, 179, 180,
197

Sensoriamento Remoto, 99, 103, 123, 124, 170

SIG, 15, 16, 100, 103, 120, 163

T

temperature, 89, 91, 92, 94, 98

Trichogramma, 4, 67, 68, 71, 72, 73, 74, 75, 76,
77, 78, 79, 80

V

variabilidade fenotípica, 125

variáveis biométricas, 125, 128, 197

W

wheat, 91, 92, 94, 95, 97, 98

Z

zonas ripárias, 160

SOBRE OS ORGANIZADORES



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 150 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 124 resumos simples/expandidos, 52 organizações de e-books, 32 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Atualmente, possui 61 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 39 organizações de e-books, 24 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: jorge.aguilera@ufms.br.

ISBN 978-658831970-3



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br

