

CIÊNCIAS RURAIS EM FOCO

VOLUME 5



ORGANIZADOR

EZEQUIEL REDIN



Editora Poisson

1º Edição
2021

Ezequiel Redin
(Organizador)

Ciências Rurais em Foco

Volume 5

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2021

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Msc. Davilson Eduardo Andrade

Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
Msc. Fabiane dos Santos

Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC

Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy

Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569

Ciências Rurais em Foco - Volume 5 -
Organização: Ezequiel Redin - Belo
Horizonte - MG: Poisson, 2021

Formato: PDF

ISBN: 978-65-5866-105-4

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Agricultura 2. Meio Ambiente 3.
Zootecnia 4. Ciências Agrárias I. REDIN,
Ezequiel II. Título.

CDD-630

Sônia Márcia Soares de Moura - CRB 6/1896



O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores

www.poisson.com.br

contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Cogumelos comestíveis do semiárido brasileiro 07

Felipe Tavares Lima, João Pedro Vianna Braga

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.01

Capítulo 2: Incentivo de práticas de manejo sustentável em comunidades tradicionais do Rio Capim, Nordeste Paraense 13

Hemelyn Soares das Chagas, Maria das Graças Ferraz Bezerra, André Luiz de Rezende Cardoso, Caick Marcelo Rosa Martins

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.02

Capítulo 3: Planejamento da implantação de hortas medicinais agroecológicas pelos coletivos de mulheres do MST do Sul de Minas Gerais 18

Lídia Maria Góis, Márcia Martins, Iberê Martí Moreira Silva, Ana Isabella Guimarães Ferreira

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.03

Capítulo 4: Análise do discurso do sujeito coletivo sobre o ingresso de cafeicultores no mercado de cafés especiais 23

Jéssica Ferreira Rohden, Pablo Murta Baião Albino

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.04

Capítulo 5: Reúso de água cinza e água subterrânea na produção de rabanete cultivado com diferentes fertilizantes orgânicos 34

Gilbenes Bezerra Rosal, Bianca Rodrigues Bezerra, Alexandre Reuber Almeida da Silva, Marcos Antônio Vieira Batista, Eugênio Paceli de Miranda, Carlos Newdmar Vieira Fernandes

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.05

Capítulo 6: Modelagem da transferência das pressões aplicadas na superfície de um Argissolo do Tabuleiros Costeiros 41

Davi Souza de Santana, Edson Patto Pacheco, Wellington Gonzaga do Vale, Marcos Vinicius Souza Chaves, Adilson Machado Enes, Mariana Dias Meneses

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.06

Capítulo 7: Produção de biomassa e atributos químicos de um neossolo cultivado com capim mombaça fertirrigado com água residuária da suinocultura 51

Giovanni de Oliveira Garcia, Emanuel Maretto Effgen, Edvaldo Fialho dos Reis, Karen Andreon Viçosi

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.07

SUMÁRIO

Capítulo 8: Perspectivas do uso do pó de rocha associado à compostos orgânicos e microrganismos solubilizadores de nutrientes na cultura do tomate: Uma revisão de literatura 61

Mario Viana Paredes Filho, Ligiane Aparecida Florentino

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.08

Capítulo 9: Adubação fosfatada no desenvolvimento de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L)..... 76

Pedro Sávio Alves Ferreira, Jacqueline de Oliveira, Alex Soares Silva, Wilson Araújo da Silva, Cristiane Matos da Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.09

Capítulo 10: Adaptação de dosadores elétricos para distribuição precisa de fertilizantes com adubadora microtratorizada 81

Jusimara Andrade Santos, Welington Gonzaga do Vale, Edson Patto Pacheco, Aurélio Lima Barreto, Adilson Machado Enes, Mariana Dias Meneses

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.10

Capítulo 11: Desempenho germinativo de sementes de *Euterpe oleracea* em função do tempo e temperatura de imersão..... 90

Jessivaldo Rodrigues Galvão, Thiago Costa Viana, Leonardo de Almeida Oliveira, Luis de Souza Freitas, Mateus Correia Lima, Joel Correa de Souza

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.11

Capítulo 12: Seleção de pré-cultivares de feijão preto normal via modelos mistos para Campos dos Goytacazes, RJ..... 98

Larissa Jaina da Silva de Oliveira, Benedito Fernandes de Souza Filho, Silvino Amorim Neto, Rogério Figueiredo Daher, Paulo Ricardo dos Santos, Wanessa Francesconi Stida, Alexandre Gomes de Souza, Maxwel Rodrigues Nascimento, Ana Kesia Faria Vidal, Rafael Souza Freitas

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.12

Capítulo 13: Viabilidade agronômica e produtiva do consórcio de beterraba e rúcula 109

João Paulo Ascari, Fábio da Silva Melo, Inês Roeder Nogueira Mendes, Esdras da Silva Santos, Willian Marques Duarte

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.13

SUMÁRIO

Capítulo 14: Dinâmica e complexidade do processo inovativo no setor agrícola 114

Amilcar Baiardi, Maria Clotilde Meirelles Ribeiro

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.14

Capítulo 15: Avaliação da toxicidade da associação dos herbicidas Imazetapir e Metsulfurom Metílico, no modelo *Eisenia fetida* 130

Caroline Wagner, Miriane Almeida Stock

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.15

Capítulo 16: Avaliação dos índices de conforto térmico para as diferentes fases de produção de frangos de corte utilizando cartas de controle 155

Patricia Azevedo Castelo Branco do Vale, Welington Gonzaga do Vale, Edson Iglesias, Rodolfo Ferreira Moura, Claudson Oliveira Brito, Douglas Romeu da Costa, Mariana Dias Meneses

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.16

Capítulo 17: Avaliação de consumo específico de energia elétrica em um estábulo leiteiro no Noroeste do Paraná 161

Gislaine Silva Pereira, Eduardo David

DOI: 10.36229/978-65-5866-105-4.CAP.17

Autores:..... 165

Capítulo 1

Cogumelos comestíveis do semiárido brasileiro

Felipe Tavares Lima

João Pedro Vianna Braga

Resumo : Alguns cogumelos possuem teores de proteína superiores a 40% do seu volume seco, além de conterem fibras alimentares, minerais, vitaminas, metabólitos medicinais e baixo teor de lipídeos. No Brasil, no entanto, o consumo e produção destes é pouco difundido e abaixo da média internacional. No semiárido, onde há grande carência econômica e nutricional, a introdução de fungos na dieta se mostra especialmente estimulável. Um desafio ao cultivo nesse ambiente é a necessidade de elevado investimento em equipamentos, pois as espécies mais comercializadas, provenientes da Ásia e da Europa, demandam baixas temperaturas e elevada umidade em ao menos uma das fases de cultivo. Espécies e variedades nativas, que são evolutivamente aclimatadas, teriam potencial para reduzir esses custos. Devido ao comportamento cosmopolita observado em muitos fungos, se torna possível, apesar da falta de informação formal adquirida a partir das populações tradicionais brasileiras, aferir sobre nativos não-endêmicos através de conhecimento provindo de populações consumidoras de outras regiões. Este trabalho objetivou listar os fungos comestíveis que ocorrem naturalmente no semiárido brasileiro, evidenciando o potencial da região para posteriores estudos em cultivo e manejo do recurso. Inicialmente, diversas publicações foram consultadas, incluindo-se livros, artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado, e uma lista com fungos apontados como presentes na alimentação de diversas populações no planeta foi elaborada. Foi então verificada a ocorrência no semiárido do Brasil das espécies listadas, através de buscas na plataforma INCT Herbário Virtual da Flora e dos Fungos, que reúne o acervo de 203 coleções de fungos, plantas e algas em território nacional, com informação de onde foram coletados. As nomenclaturas citadas foram readequadas às vigentes de acordo com o banco de dados *Index Fungorum*. Uma lista dos fungos comestíveis que ocorrem no semiárido brasileiro, seus estados de ocorrência, divisão taxonômica e número de espécimes preservados em herbários brasileiros foi criada. Por fim, foram registradas informações acerca da intensidade e forma de consumo, além da presença de relatos sobre toxicidade das espécies em trabalhos publicados. Ao final encontrou-se um total de 43 espécies comestíveis, das quais 18 pertencem à ordem Agaricales, 15 à Polyporales, três à Auriculariales, duas à Geasterales, duas à Boletales, uma à Phallales e uma à Hymenochaetales. Destas, uma apresentou relatos de toxicidade em trabalho publicado. O número total de espécies encontradas supera em 14, tendo apenas oito em comum, a lista brasileira da publicação mais acessada sobre o tema no mundo. Supera ainda, em número, o total da funga alimentícia de outros 75, dos 84 países citados na mesma publicação. A discrepância entre os números publicados anteriormente e os encontrados no presente trabalho evidenciam a falta de conhecimento sobre a diversidade de fungos alimentícios no semiárido brasileiro. O elevado número total de espécies encontradas, em grupos taxonômicos distintos, revela a elevada diversidade e aptidão da região para tornar-se produtora do recurso em questão após estudos em cultivo e manejo, contribuindo para a busca da soberania alimentar e geração de renda da população.

Palavras-Chave : Cogumelos, segurança alimentar, diversidade.

1. INTRODUÇÃO

O termo “cogumelo” pode ter diferentes significados em diferentes países, regiões e contextos. Para alguns, refere-se apenas aos corpos de frutificação dos fungos macios e com grande tradição de consumo do gênero *Agaricus*. O termo “orelhas-de-pau” é comumente utilizado no Brasil, em especial no contexto acadêmico, para se referir aos corpos de frutificação dos fungos que colonizam os troncos de árvores, sendo “cogumelos” apenas os que crescem sob o solo ou a serrapilheira. Por vezes, se diferencia ainda os macrofungos com corpos de frutificação hipógeos, os classificando como “trufas”. Nesse capítulo, será utilizado o conceito estruturado por Chang & Miles (1992), no qual, cogumelos são “todos os fungos com o corpo de frutificação distinguível, podendo ser hipógeo ou epígeo, e grande o suficiente para ser visto a olho nu e manipulado de mãos vazias”.

Nas últimas décadas, o desenvolvimento de novas ferramentas taxonômicas permitiu a descoberta de diversas novas espécies de cogumelos. No entanto, estima-se que apenas um décimo dos macrofungos tenha sido nomeado pela ciência (Hawksworth, 2001). Mesmo com o pouco conhecimento formal que se tenha a respeito, esses organismos são parte relevante da dieta de populações em ao menos 80 países, incluindo povos tradicionais da Amazônia Brasileira (Boa, 2004). Os Sanõma, que compõem o povo Yanomami, se localizam nas florestas de montanha do extremo noroeste do estado de Roraima e são conhecidos por cultivar, consumir e comercializar 15 espécies de cogumelos, sendo considerados o povo tradicional Brasileiro com maior hábito micófago registrado (Sanuma et al., 2016).

O semiárido brasileiro apresenta características que colocam a população residente em risco de insegurança alimentar, como índices elevados de desigualdade social e econômica, economia fortemente associada à disponibilidade de recursos naturais e múltiplas adversidades ambientais, como a irregularidade temporal e espacial das chuvas e solos e corpos d’água salinizados (Rocha et al., 2014). Nesse contexto, apesar de não se ter relatos significativos do consumo de cogumelos comestíveis por populações tradicionais da região, esses recursos, que se encontram em elevada diversidade, podem ser grandes aliados. Os cogumelos são alimentos nutritivos, que possuem até 50 % do seu volume seco em proteínas, além de conterem fibras alimentares, minerais e vitaminas pouco encontrados em outras fontes, substâncias bioativas com propriedades medicinais e baixo teor de lipídeos (Furlani & Godoy, 2005).

Alavancada pelo aumento na busca por alimentação restritiva, saudável, nutracêutica, vegana e vegetariana no mundo, além da elevação na média dos preços das carnes, a indústria de cogumelos comestíveis têm crescido de 10 a 20 % ao ano, movimentando aproximadamente 42 bilhões de dólares ao ano (Yoo et al., 2016; Prescott et al., 2018). O Brasil não tem participação relevante nesse promissor mercado, dominado por China, Estados Unidos e Holanda, produzindo menos de 1 % do total consumido (Singh, 2011). A maior dificuldade para a produção nacional, especialmente em áreas de clima semiárido, são os custos excessivos, visto que as espécies mais consumidas no Brasil e no mundo são todas de origem Asiática e Europeia, demandando baixas temperaturas e elevada umidade em pelo menos uma de suas fases de crescimento. Apesar de haver mais de 2.000 espécies de cogumelos com comestibilidade conhecida, apenas cerca de 100 são cultivadas, e cinco gêneros representam 85 % do consumo mundial (Amin et al., 2014; Royse, 2014). O cultivo de espécies e variedades com ocorrência espontânea, que são evolutivamente aclimatadas às condições ambientais do semiárido brasileiro, poderia diminuir os custos, tornando mais viável a produção e geração de renda.

O presente trabalho objetivou encontrar e listar os cogumelos comestíveis que ocorrem naturalmente no semiárido brasileiro, permitindo a análise individual posterior acerca da possibilidade de domesticação, manejo e consumo desse recurso.

2. METODOLOGIA

Para tal, foi levado em consideração que, apesar da falta de informação a respeito do consumo de cogumelos pelos povos tradicionais do semiárido, há pouco relato de endemismo nas espécies fúngicas, sendo diversas consideradas cosmopolitas. Então foi realizada uma revisão bibliográfica a respeito do consumo alimentício dos macrofungos por populações em todo o mundo, elaborando-se uma lista com as espécies utilizadas. As nomenclaturas relatadas foram então ajustadas às vigentes de acordo com o banco de dados *Index Fungorum*, onde também foram coletadas informações taxonômicas.

Foi então verificada a ocorrência das espécies listadas na delimitação geográfica do semiárido brasileiro definida de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), além dos número de corpos de frutificação arquivados e Estados em que foram coletados, através de informações informadas por herbários nacionais e internacionais por consultas à plataforma digital INCT Herbário Virtual da Flora e dos Fungos fungos, plantas e algas, que reúne o acervo de 203 coleções de fungos nacionais e internacionais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram listadas 43 espécies de cogumelos comestíveis com ocorrência no semiárido brasileiro, junto aos estados onde foram coletados e número de espécimes depositados em herbário (*Tabela 1*).

Todas as listadas são do filo Basidiomycota, apesar de haver número inferior, porém relevante, de espécies do filo Ascomycota consideradas comestíveis a exemplo do gênero *Morchella*, que possui grande valor econômico associado aos seus ascomas.

Dezoito pertencem à ordem Agaricales, táxon que inclui quatro dos cinco gêneros mais consumidos no mundo: *Agaricus*, gênero dos populares champignons, *Pleurotus*, dos shimejis, *Lentinula*, do shitake, e *Famullina*, do enokitake. Quinze à Polyporales, constituída principalmente por cogumelos com poros e lignocelulósicos, conhecidos como orelhas-de-pau. Três à Auriculariales, táxon que inclui o gênero restante dos cinco mais consumidos, o *Auricularia*, de onde pertencem as gelatinosas orelhas-de-judas. Duas à Geasterales, onde se localizam os cogumelos *puffball*. Duas à Boletales, ordem que têm entre seus representantes cogumelos ectomicorrízicos, que apesar de não cultivados, o extrativismo tem grande importância alimentícia e cultural em países europeus e asiáticos, incluindo a espécie *Boletus edulis*, conhecida popularmente como funghi secchi ou porcini. Uma à Phallales e uma a Hymenochaetales, de menor participação na cultura e mercado mundial de basidiomas alimentícios.

Entre os 30 fungos classificados como comestíveis e de ocorrência no território brasileiro pela maior e mais citada compilação a respeito do tema no mundo, publicada pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), apenas oito dos listados nesse capítulo estão presentes (Boa, 2004). Isso evidencia a falta de conhecimento a respeito potencial de uso e da diversidade dos recursos do semiárido, e demonstra a importância de trabalhos que visam elucidá-lo.

As espécies dos gêneros *Auricularia*, *Favolus* e *Lentinus* (*Figura 1*) chamam atenção pelo elevado número de coletas e ampla distribuição nos estados do semiárido. As espécies desses gêneros listadas são adaptadas a uma elevada amplitude de condições climáticas e ocorrem também na Amazônia, onde são consumidas por diversos povos tradicionais brasileiros, que incluem os Txicão, Txucarramãe, Tootobi, Sanõma e Waukás (Vargas-isla et al., 2013). *Phellinus gilvus*, *Pycnoporus sanguineus* e *Schizophyllum commune*, apesar de não apresentarem aroma, sabor e textura palatáveis, são conhecidos por propriedades medicinais, por tanto, seu consumo pode estar associado a práticas nutracêuticas tradicionais. *Podaxis pistillaris* (*Figura 1*) é extremamente adaptado à baixa umidade, encontrada em diversas regiões áridas e semiáridas do mundo, sendo consumida principalmente na Índia, com características gastronômicas, incluindo sabor, textura e aparência, comparadas a espécie *Coprinus comatus*, muito apreciada e valorizada na Europa (Muhsin, 2012; Vasava et al. 2017; El-Fallal et al., 2019).

Algumas espécies, principalmente as que possuem maior número de indivíduos coletados, podem apresentar, após estudos mais aprofundados, a possibilidade de criação de cadeias produtivas extrativistas, como ocorre com algumas plantas. Essas cadeias seriam baseadas na coleta e comercialização dos basidiomas e apresentariam com menor barreira de entrada relacionada aos custos de investimento. No entanto, para garantir a sustentabilidade ecológica, econômica, maior segurança e continuidade a longo prazo do uso destes recursos, é necessário esforço intelectual no sentido da domesticação e cultivo. As espécies que apresentam maior distribuição e número de indivíduos coletados podem ser consideradas mais adaptadas às condições do semiárido brasileiro, por tanto, são alvos prioritários para estudos em cultivo. Deve se priorizar também as que apresentam maior tradição de consumo e valor agregado. Algo importante a levar-se em consideração para futuros trabalhos é que a segurança no consumo pode variar entre regiões, pois a produção e concentração acumulada de metabólitos secundários tóxicos é fortemente influenciada por condições ambientais (Zhong & Xiao, 2009).

Figura 1. Alguns cogumelos comestíveis do semiárido brasileiro. a) *Auricularia* sp. b) *Favulus tenuiculus* c) *Lentinus crinitus* d) *Podaxis pistillaris*.



Tabela 1. Lista de cogumelos comestíveis com ocorrência no semiárido brasileiro agrupados por nome científico atual, ordem, número de espécimes coletados e estados do semiárido de ocorrência.

Nome Atual	Ordem	Número	Estados
<i>Agaricus argyropotamicus</i>	Agaricales	2	MA
<i>Astraeus hygrometricus</i>	Boletales	3	PE, PB
<i>Auricularia delicata</i>	Auriculariales	>20	Todos
<i>Auricularia mesenterica</i>	Auriculariales	14	Todos
<i>Auricularia nigricans</i>	Auriculariales	>50	Nordeste
<i>Bovista plumbea</i>	Agaricales	5	BA, PE e RN
<i>Calvatia cretacea</i>	Agaricales	2	PE
<i>Calvatia cyathiformis</i>	Agaricales	15	PE, PB e RN
<i>Calvatia lilacina</i>	Agaricales	5	BA e PE
<i>Calvatia nodulata</i>	Agaricales	5	CE e PB
<i>Calvatia rugosa</i>	Agaricales	2	BA e RN
<i>Cantharellus guyanensis</i>	Cantharellales	3	AL
<i>Cymatoderma dendriticum</i>	Polyporales	>20	BA, CE, PE e SE
<i>Favolus grammocephalus</i>	Polyporales	>20	Nordeste
<i>Favolus tenuiculus</i>	Polyporales	>50	Todos
<i>Funalia floccosa</i>	Polyporales	9	BA, PE e PB
<i>Geastrum fimbriatum</i>	Geasterales	>20	CE, PE, PB e RN
<i>Geastrum triplex</i>	Geasterales	14	PE, PB e RN
<i>Hygrocybe coccinea</i>	Agaricales	5	BA, MA e PE
<i>Laetiporus sulphureus</i>	Polyporales	5	BA e PE
<i>Lentinus berteroi</i>	Polyporales	17	CE, PE e RN
<i>Lentinus crinitus</i>	Polyporales	>20	Todos
<i>Lentinus tricholoma</i>	Polyporales	>20	Nordeste
<i>Lentinus velutinus</i>	Polyporales	9	BA, PE, PB e MG
<i>Lepista nuda</i>	Agaricales	1	PB
<i>Leucocoprinus cepistipes</i>	Agaricales	5	BA e PE
<i>Lycoperdon curtisii</i>	Agaricales	3	CE e PE
<i>Lycoperdon excipuliforme</i>	Agaricales	1	MA
<i>Lycoperdon pyriforme</i>	Agaricales	6	PE e RN
<i>Oudemansiella canarii</i>	Agaricales	>20	BA, PE, PB e MG
<i>Oudemansiella platensis</i>	Agaricales	2	PB e RN
<i>Panus neostrigosus</i>	Polyporales	8	BA, PE e MG.
<i>Phallus indusiatus</i>	Phallales	5	CE, PE e PB
<i>Phellinus gilvus</i>	Hymenochaetales	>50	Todos
<i>Pleurotus djamor</i>	Agaricales	5	PB e PE
<i>Podaxis pistillaris</i>	Agaricales	>20	Nordeste
<i>Polyporus philippinensis</i>	Polyporales	>20	Nordeste
<i>Pycnoporus cinnabarinus</i>	Polyporales	12	PB, PE e MG
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Polyporales	>50	Todos
<i>Schizophyllum commune</i>	Agaricales	>50	Todos
<i>Scleroderma citrinum</i>	Boletales	4	BA, PB e PE
<i>Scleroderma verrucosum</i>	Boletales	2	BA e PE
<i>Trametes versicolor</i>	Polyporales	5	BA

4. CONCLUSÕES

O semiárido brasileiro é rico em diversidade de cogumelos comestíveis, recurso negligenciado, que não é suficientemente conhecido e nem explorado. Algumas das espécies encontradas apresentam características gastronômicas já validadas pelo mercado nacional e internacional. Outras, apresentam outras características importantes, como ampla distribuição e propriedades medicinais. Somado a isso, por serem evolutivamente adaptadas às condições locais, podem demonstrar, após estudos mais específicos e aprofundados, viabilidade para o extrativismo e cultivo, fomentando a participação do país no bilionário mercado global de cogumelos e ajudando a gerar renda, melhores condições socioeconômicas e soberania alimentar para a população do semiárido.

REFERÊNCIAS

- [1]. AMIN, Mohd Zaffrie Mat; HARUN, Azahar; WAHAB, Mohd Amirul Mukmin Abdul. Status and potential of mushroom industry in Malaysia. *Economic and Technology Management Review*, v. 9, p. 103-111, 2014.
- [2]. BOA, Eric R. Wild edible fungi: a global overview of their use and importance to people. 2004.
- [3]. CHANG, S. T.; MILES, P. G. Mushroom biology—a new discipline. *Mycologist*, v. 6, n. 2, p. 64-65, 1992.
- [4]. EL-FALLAL, Amira; EL-SAYED, Ahmed KA; EL-GHARABAWY, Hoda M. *Podaxis pistillaris* (L.) Fr. and *Leucocoprinus birnbaumii* (Corda) Singer; new addition to macrofungi of Egypt. *Egyptian Journal of Botany*, v. 59, n. 2, p. 413-423, 2019.
- [5]. FURLANI, Regina Prado Zanes; GODOY, Helena Teixeira. Valor nutricional de cogumelos comestíveis: uma revisão. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, v. 64, n. 2, p. 149-154, 2005.
- [6]. HAWKSWORTH, David L. Mushrooms: the extent of the unexplored potential. *International journal of medicinal mushrooms*, v. 3, n. 4, 2001.
- [7]. MUHSIN, Tawfik M.; ABASS, Abass F.; AL-HABEEB, Ekhlal K. *Podaxis pistillaris* (Gasteromycetes) from the desert of southern Iraq, an addition to the known mycota of Iraq. *Journal of Basrah Researches (Sciences)*, v. 38, n. 3, p. 29-35, 2012.
- [8]. PRESCOTT, T. Useful fungi. *State of the World's Fungi. Report. Royal Botanic Gardens, Kew*, p. 24-31, 2018.
- [9]. ROCHA, Élide Mara Braga; LIMA, Roberto Teixeira; ALMEIDA, Paulo César de. Insegurança alimentar relacionada à área de residência em município do Semiárido brasileiro. *Cadernos Saúde Coletiva*, v. 22, p. 205-211, 2014.
- [10]. ROYSE, Daniel J. et al. A global perspective on the high five: *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia* & *Flammulina*. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP8)*. 2014. p. 1-6.
- [11]. SANUMA, Oscar Ipoko et al. *Sanöma samakönö sama tökö nii pewö oa wi i tökö waheta: Ana amopö Enciclopédia dos alimentos yanomami (Sanöma): cogumelos*. 2016.
- [12]. SINGH, M, et al. *Mushrooms: cultivation, marketing and consumption. Mushrooms: cultivation, marketing and consumption.*, 2011.
- [13]. VARGAS-ISLA, Ruby; ISHIKAWA, Noemia Kazue; PY-DANIEL, Victor. Contribuições etnomicológicas dos povos indígenas da Amazônia. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, v. 3, n. 1, p. 58-65, 2013.
- [14]. VASAVA, Ajit M. et al. Diversity and distribution of agaricaceae in western part of India with special reference to gujarat state. *The Journal of Indian Botanical Society*, v. 96, n. 1and2, p. 119-135, 2017.
- [15]. YOO, Young Bok et al. Development trend of the mushroom industry. *Journal of Mushroom*, v. 14, n. 4, p. 142-154, 2016.
- [16]. ZHONG, Jian-Jiang; XIAO, Jian-Hui. Secondary metabolites from higher fungi: discovery, bioactivity, and bioproduction. *Biotechnology in China I*, p. 79-150, 2009.

Capítulo 2

Incentivo de práticas de manejo sustentável em comunidades tradicionais do Rio Capim, Nordeste Paraense¹

Hemelyn Soares das chagas

Maria das Graças Ferraz Bezerra

André Luiz de Rezende Cardoso

Caick Marcelo Rosa Martins

Resumo: O estudo objetivou avaliar a agricultura familiar da região ao longo do Rio Capim, e incentivar práticas de manejo sustentável, que podem ser adotadas e replicadas de maneira viável pelos moradores das comunidades, visando melhoria no processo produtivo. O trabalho foi desenvolvido a partir de pesquisa de caráter qualitativo, realizada por meio de questionários semi-estruturados, bem como realização de caminhadas transversais nas unidades produtivas, objetivando também, observância participativa e conversas informais com lideranças locais. A partir das pesquisas realizadas, observou-se que os agricultores trabalham em sua própria unidade produtiva, onde a maioria, dá continuidade ao trabalho dos pais, sendo considerada uma reprodução endógena. O sistema de cultivo, é determinado pelos aspectos econômicos regionais e culturais, e os conhecimentos acerca das técnicas empregadas, obtiveram através de conhecimentos tradicionais, isto é, conhecimentos que vêm sendo repassados de geração em geração. Diante do pressuposto houve o incentivo de práticas de manejo sustentável nos agroecossistemas, visando a melhoria da produção.

Palavras-Chave: Amazônia Oriental, agroecossistemas, agricultura familiar.

¹ Financiado pelo edital Fapesp/Fapemig/Papespa/Vale. Convênio ICAF n025/2011

1. INTRODUÇÃO

Na Amazônia existem várias comunidades tradicionais, que habitam as margens dos rios, sobrevivendo da caça, pesca e da agricultura. Nesse contexto destacam-se os povos que vivem ao longo do Rio Capim. Essas comunidades são formadas por aglomerados de caboclos amazônicos e quilombolas remanescentes da cultura canavieira que houve naquela região. Essas comunidades, hoje, sobrevivem da modesta agricultura familiar e criação de gado, além da extração de produtos florestais.

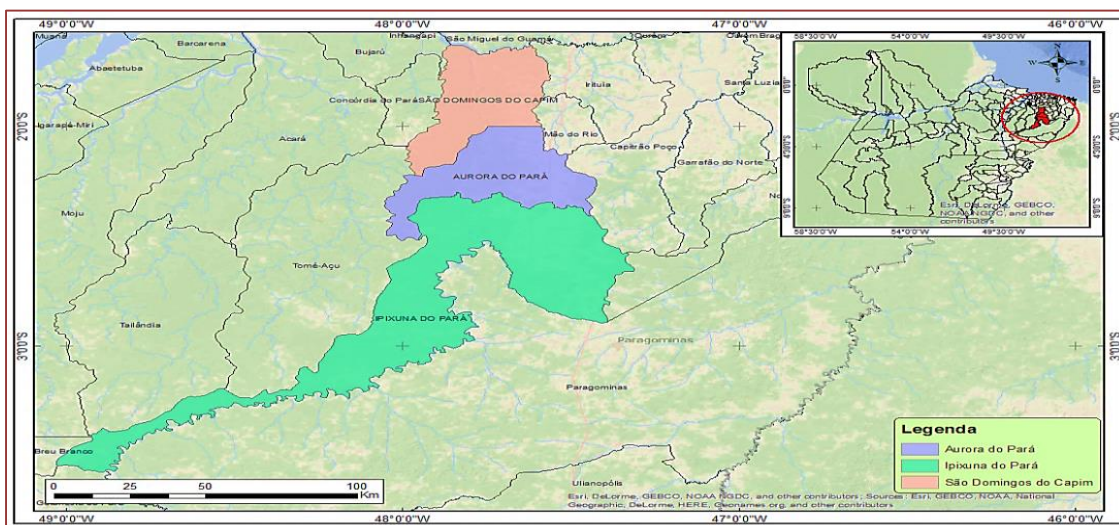
Segundo Batista (2011), a necessidade de sobrevivência induziu o homem, desde o início da civilização, a definir na natureza certos padrões de vida e formas de técnicas de trabalhos, que os adequaram às novas formas de atividades, que confrontaram, enfrentaram e modificaram a relação entre eles e os elementos naturais (floresta, solo, animais, água, etc.). Nesse contexto, ao analisar a forma de relação do homem, com o meio na questão mais básica que é a sobrevivência, vai se percebendo outros modos de relação entre os homens e o meio onde está inserido, que o manejam com o intuito de usá-lo na sua estratégia de sobrevivência, é o caso, das comunidades que estão sendo analisadas, que trabalham com roças familiares para a produção de alguns produtos básicos. As informações acerca das formas com que os recursos estão sendo manejados, auxilia na busca de práticas de manejo sustentável, e que podem ser adotadas e replicadas de maneira viável pelos próprios habitantes das comunidades ao longo do rio capim, pois sua adoção independe de insumos, mas carece de informação necessária para sua mudança de hábito, visando à execução e controle de práticas agroecológicas.

Dessa forma, o trabalho objetiva estudar detalhadamente a agricultura familiar da região, e incentivar práticas de manejo sustentável, que podem ser aplicadas de maneira viável pelos próprios habitantes das comunidades ao longo do rio capim, visando melhoria no processo produtivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em comunidades que ficam situadas ao longo do Rio Capim, englobando os municípios de São Domingos do Capim, Aurora do Pará e Ipixuna. Os municípios pertencem à Mesorregião Nordeste Paraense e à Microrregião Guamá. Como mostra abaixo o mapa de localização dos municípios (Figura 1).

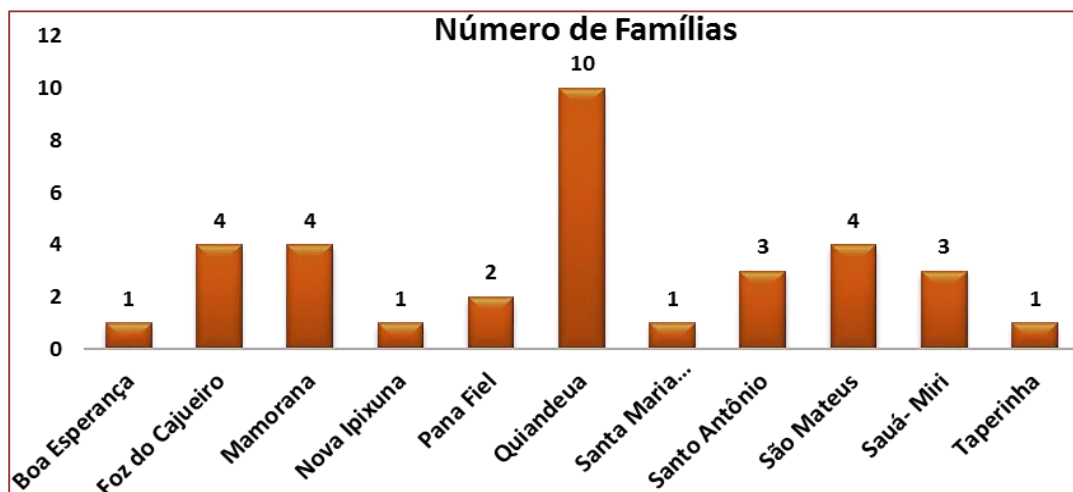
Figura 1: Mapa de localização dos municípios de Aurora do Pará, Ipixuna e São Domingos do Capim.



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

Foi realizado levantamento de dados em campo, com 34 famílias, pertencentes a comunidades distintas (gráfico 1.), os dados deram subsídios para análise dos conhecimentos tradicionais que as comunidades detêm, no uso dos recursos naturais, bem como, a metodologia aplicada no manejo dos agroecossistemas.

Gráfico 1. Número de famílias por comunidades



Fonte: Relatório final do projeto Diagnóstico e Uso de Recursos Biológicos, Resgate Cultural, e Estudos Sócio- Econômicos de Comunidades Tradicionais do Rio Capim, Nordeste Paraense, 2016.

Para tanto, a pesquisa seguiu uma análise de caráter qualitativo, uma vez que a utilização deste método permitiu obter informações acerca dos processos dinâmicos observados nas propriedades, principalmente no que tange o manejo empregado nas atividades agrícolas realizadas nos estabelecimentos. Foi realizada também a observação participativa, com lideranças locais, tais como presidentes de associações, e agricultores locais, além de conversas com lideranças informais

A análise foi realizada com base em informações acerca do manejo empregado nos cultivos existentes, houve realização de caminhadas transversais nas unidades produtivas, servindo de ferramenta para conhecer o espaço das propriedades visitadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pesquisas realizadas mostraram que os agricultores trabalham em sua própria unidade produtiva, onde em sua maioria, deram continuidade ao trabalho dos pais, sendo considerada uma reprodução endógena. Os jovens filhos dos agricultores, com o decorrer do tempo são integrados na agricultura, e os conhecimentos adquiridos são repassados através do próprio trabalho exercido. Para Certeau (2000) os saberes tradicionais se constroem e se reconstróem todos os dias, por pessoas comuns, de usos comuns e que são os construtores da história. Fica claro o papel do homem simples, como membro detentor de identidade própria.

Em relação ao sistema de cultivo, o mesmo é determinado pelos aspectos econômicos regionais e pelas atividades produtivas realizadas pelos agricultores durante anos. Uma das atividades exercidas no âmbito da agricultura refere-se ao cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), principal atividade de cultivo nas comunidades visitadas, sendo um dos subprodutos da mandioca, a farinha, constituindo a principal fonte de renda de muitas famílias, por se tratar de uma cultura anual, e fazer parte da cultura da população local. Existem também outros cultivos, como de milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), servindo para consumo próprio, também exercem atividades de criação de animais, como aves e gado, este último vem ganhando espaço na região, especialmente incentivado por financiamentos públicos para os pequenos produtores.

Acerca do conhecimento das técnicas empregadas nas unidades produtivas, as mesmas, advém dos conhecimentos empíricos, isto é, conhecimentos que vêm sendo repassados de geração em geração. O manejo é realizado desde o preparo da área (na prática de corte e queima), época de plantio, espaçamento, tratamentos culturais, adubação, até chegar à fase de comercialização. Ressalta-se que o excedente de produção para comercialização tem um nível baixo, isso adere-se ao fato de que a produção vem apresentando um decréscimo ao longo dos anos.

No preparo de área, é realizada a prática de corte e queima, descrita pelos agricultores como uma atividade que sempre deu certo para obtenção de sua produção, contudo, os agricultores relatam que nos primeiros anos de plantio na área, a produtividade é maior que nos anos posteriores. Esta percepção está relacionada com o fato, de que cerca de 80% dos nutrientes são perdidos com a queima, o pequeno excedente permanece no solo nos primeiros anos de cultivo, porém, há uma grande perda por lixiviação o que torna o solo cada vez mais pobre, necessitando de uma reposição nutricional.

Nessa prática, os campos são rotados de forma a explorar o capital energético e nutritivo do complexo natural solo-vegetação da floresta, constituindo muitas vezes como a única fonte de nutrientes para as roças. (McGrath, 1987). Dessa forma, há um frágil equilíbrio em relação a ciclagem de nutrientes do sistema - biomassa acima do solo e serrapilheira - este por sua vez é comprometido após a queima da vegetação derrubada, uma vez que as cinzas representam a principal fonte de nutrientes para as plantas e os nutrientes que não forem absorvidos rapidamente pela vegetação que recolonizará a área, serão lixiviados e irreversivelmente perdidos (Sanchez et al., 1982).

As cinzas resultantes das queimadas, atuam como fonte imediata de nutrientes, porém nos anos posteriores a fertilidade vai decrescendo, tornando o solo economicamente menos produtivo nos cultivos dos anos subsequentes (Vasconcelos et al., 2013). Com a perda de fertilidade do solo, as plantas ficam mais vulneráveis para o aparecimento de organismos patógenos e doenças (Vargas, 2013). Na busca de alternativas para melhorar a produção e sanar algumas pragas que surgem e comprometem a produção, os agricultores fazem uso de produtos químicos, muitas vezes com formas de aplicação inadequada e com produtos sem eficiência para tratar de um problema específico. A preocupação do uso de produtos químicos pelas comunidades visitadas, reside na metodologia utilizada para aplicação desses produtos e a falta de informação acerca da dosagem aplicada, além de não haver conhecimento acerca das consequências que tais produtos podem causar, tanto para a saúde, quanto para o meio ambiente. Além da erradicação das pragas, o uso intensivo desses insumos, eliminam inimigos naturais, ou seja, seus predadores e competidores.

Essa prática de preparo de área com uso de fogo, acarreta vários prejuízos que afetam diretamente a produção dos pequenos agricultores da região, dessa forma, foram pensadas alternativas de manejo de preparo de solo que podem ser inseridas de maneira viável pelos agricultores da região. Alves e Modesto Junior (2011) relatam que novas práticas estão surgindo como formas de intervir nas técnicas de preparo do solo sem utilização das queimadas, como é o caso da roça sem queimar.

Na roça sem fogo acontece a eliminação da vegetação do sub-bosque, deixando-se apenas as espécies que ocupam o dossel e algumas do extrato médio da floresta, posteriormente realiza-se o raleamento manual da vegetação natural; o plantio segue a lógica da sucessão ecológica, onde inicialmente são inseridas espécies com função de melhorar as propriedades químicas e biológicas do solo, como as leguminosas, que possibilitam maior quantidade de biomassa, contribuindo assim para a proteção do solo contra insolação e a ação direta da chuva, acarretando na diminuição do surgimento de plantas espontâneas (Costa et al. 2015). As leguminosas são incrementadas nos sistemas, devido ao seu potencial de fixação de nitrogênio, rápido crescimento e capacidade de regenerar-se após o corte, contribuindo para a fertilidade do solo (Moraes et al., 2013). Ressalta-se que se deve tomar cuidado com a espécie de leguminosa que será incrementada no sistema, para que não haja risco desta planta se tornar uma invasora e denegrir o real objetivo de sua introdução no sistema.

Na região em que a pesquisa foi desenvolvida, os sistemas de produção são simplificados, reduzindo a diversidade biológica do ambiente, por se tratar de sistemas pouco diversos, com isso, ocorre um desequilíbrio e os sistemas ficam mais susceptíveis ao aparecimento de organismos patógenos que prejudicam a produção agrícola, requerendo maiores taxas de insumos externos. Nesse âmbito, têm-se alternativas de agrossistemas mais complexos, ou seja, sistemas de cultivos mais diversificados. Nesse contexto, Vargas (2013) retrata que com a diversidade de espécies atuando num mesmo local, sobrevêm interações entre os componentes do sistema, gerando um equilíbrio e diminuindo a necessidade de aportes externos.

De acordo Altieri e Nicholls (2000), as interações entre os diversos componentes bióticos do agroecossistema contribuem para o controle biológico de pragas, reciclagem de nutrientes, conservação da água, conservação e/ou regeneração do solo, acarretando em um aumento da produtividade agrícola de forma sustentável.

O uso de sistemas mais diversificados incrementa a renda das famílias, pois trata-se de um sistema com mais espécies implantadas que podem ser escoadas para o mercado, de fato, a mão de obra e o investimento inicial são maiores, quando comparados com sistemas simplificados, contudo são sistemas

que darão subsídios para família durante um longo prazo, além de representar mais qualidade dos produtos, pois há uma diminuição de insumos externos, contribuindo para segurança alimentar.

4. CONCLUSÕES

As pesquisas propiciaram a obtenção de conhecimento acerca do perfil dos agricultores pertencentes a comunidades que foram estudadas, sendo possível demonstrar através do levantamento de dados as principais formas de manejo utilizadas na realização das atividades agrícolas.

Tendo em vista o incremento de práticas sustentáveis de manejo, foram discutidas com os moradores técnicas que podem ser aplicadas de maneira viável pelos agricultores, visando a melhoria dos processos produtivos. Contudo, é legítima a preocupação com a inserção de novas técnicas de cultivo, pois os valores culturais das comunidades precisam ser respeitados e, na medida do possível incorporadas em qualquer decisão quanto a mudança das formas de cultivo, já que as técnicas de manejo empregadas atualmente pelas comunidades prevaleceram durante anos. Sabe-se que o manejo realizado pelas comunidades tradicionais é o responsável pela conservação das áreas onde há uma convivência baseada no respeito a natureza e não prevalece o interesse econômico. Ressalta-se que apesar da preocupação, existe anseio dos agricultores para a melhoria do processo produtivo, já que relatam que precisam de mais capacitações para manejar suas unidades produtivas que lhes permita obter um retorno financeiro satisfatório para as gerações existentes e para as próximas gerações.

REFERÊNCIAS

- [1]. Altieri, M; Nicholls, C, I. Agroecologia: Teoria e prática para uma agricultura sustentável. Série Textos Básicos para la Formación Ambiental. 1ª Edición. México: PNUMA, 2000, p.250.
- [2]. Batista, S. M. Cultura Ribeirinha: A vida cotidiana na Ilha do Combú /Pará. V Jornada Internacional de Políticas Públicas, 2011.
- [3]. Certeau, M. A invenção do cotidiano artes de fazer Petrópolis: Vozes, 2000.
- [4]. Mcgrath, D. G. The role of biomass in shifting cultivation. Human Ecology, v.15, n.2, p. 221-242, 1987.
- [5]. Sanchez, P. A.; Bandy, D. E.; Villachica, J. H.; Nicholaides, J. J. Amazon Basin soils: management for continuous crop production. Science, v. 216, p. 821-827, 1982.
- [6]. Vargas, D.L.; Fontoura, A.F.; Wizniewsky, J.G. Agroecologia: base da sustentabilidade dos agroecossistemas. Geografia Ensino e Pesquisa, v. 17, n.1, jan. /abr. 2013.
- [7]. Vasconcelos, M.C.C.A.; Júnior, J.M.G.; Silva, A.F.A.; Lima, R.S. Características químicas de solos sob cultivo tradicional no município de Vargem Grande – MA. Revista Agropecuária Científica no Semiárido, v.9, n.3, p.26-29, 2013.

Capítulo 3

Planejamento da implantação de hortas medicinais agroecológicas pelos coletivos de mulheres do MST do Sul de Minas Gerais

Líbia Góis

Márcia Martins

Iberê Martí Moreira Silva

Lídia Maria Góis

Ana Isabella Guimarães Ferreira

Resumo: Dois coletivos de mulheres do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem-Terra (MST), no sul de Minas Gerais, realizaram o planejamento da implantação de hortas medicinais agroecológicas em seus assentamentos. O processo recebeu colaboração da especialização Residência Agrária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), fomentada pelo Programa Nacional de Educação na Reforma Agrária (PRONERA). Essa colaboração proporcionou a captação de recursos financeiros fundamentais para a implantação das hortas, com assistência técnica, pesquisa de mercado, além da efetivação de parcerias para capacitações na área de plantas medicinais e controle conservativo de organismos vivos. Esses passos fortalecem a autonomia das mulheres, trazendo empoderamento a elas e promovem a agroecologia nas áreas do MST.

Palavras-chave: parceria; assentamentos; empoderamento.

1. CONTEXTO

Entre novembro de 2013 e dezembro de 2014, foi realizado um acompanhamento do projeto de hortas medicinais agroecológicas, planejado por dois coletivos de mulheres do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem-Terra (MST), no sul de Minas Gerais. Esse acompanhamento deu-se por meio da especialização em Questão Agrária, Agroecologia e Agroindustrialização – Residência Agrária, realizada na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e fomentada pelo Programa Nacional de Educação na Reforma Agrária (PRONERA). A especialização tem por objetivos contribuir no desenvolvimento das áreas de reforma agrária do país, por meio de pesquisa e extensão, com atuação de educandos-pesquisadores. O acompanhamento visou apoiar a iniciativa das mulheres e captar recursos para o processo de implantação das hortas medicinais agroecológicas, dentre outros objetivos que não serão tratados neste relato.

2. DESCRIÇÃO DA EXPERIÊNCIA

Foi realizada uma pesquisa qualitativa que trata do social, sendo este, um complexo sujeito de estudo. Ao mesmo tempo, “trata-se de um trabalho que só pode ser realizado com o uso da intuição, da imaginação e da experiência” (MARTINS, 2004). O método utilizado foi o estudo de caso que é uma investigação empírica onde analisa-se um fenômeno dentro de seu contexto de vida (YIN, 2001). A técnica utilizada foi a pesquisa participante, onde, segundo Brandão (1999), o outro, sujeito da pesquisa, torna-se o companheiro de um trabalho político e de luta popular, fazendo o pesquisador repensar tanto a posição de sua pesquisa quanto à de sua própria pessoa.

O coletivo de mulheres Raízes-da-Terra compreende 35 mulheres dos assentamentos 1º do Sul e Nova Conquista e de 10 acampamentos localizados no município de Campo do Meio. O coletivo Olhos d’Água é formado por 15 mulheres do assentamento Santo Dias no município de Guapé. O projeto das hortas medicinais agroecológicas é uma estratégia para fortalecer o setor da saúde existente nas áreas do MST, para geração de trabalho e renda para as mulheres desses coletivos e para o desenvolvimento da agroecologia em suas terras. Nas áreas do MST existem algumas iniciativas agroecológicas, entretanto, a maioria dos agricultores e agricultoras ainda utiliza insumos químicos.

Em novembro de 2013, duas conversas informais foram feitas com mulheres pertencentes ao setor da saúde e ao Coletivo Raízes da Terra, uma do 1º do Sul e a outra do Nova Conquista. O intuito foi saber sobre o projeto de implantação de hortas medicinais que estava sendo planejado pelos coletivos.

Elas acreditam que o trabalho com as PM é promissor, pois grande parte das mulheres gosta de trabalhar com a terra e outras possuem experiência com as plantas, sendo aspectos positivos para o empreendimento e avaliam que a busca por plantas medicinais e produtos naturais pela população é crescente e que há políticas públicas para o setor.

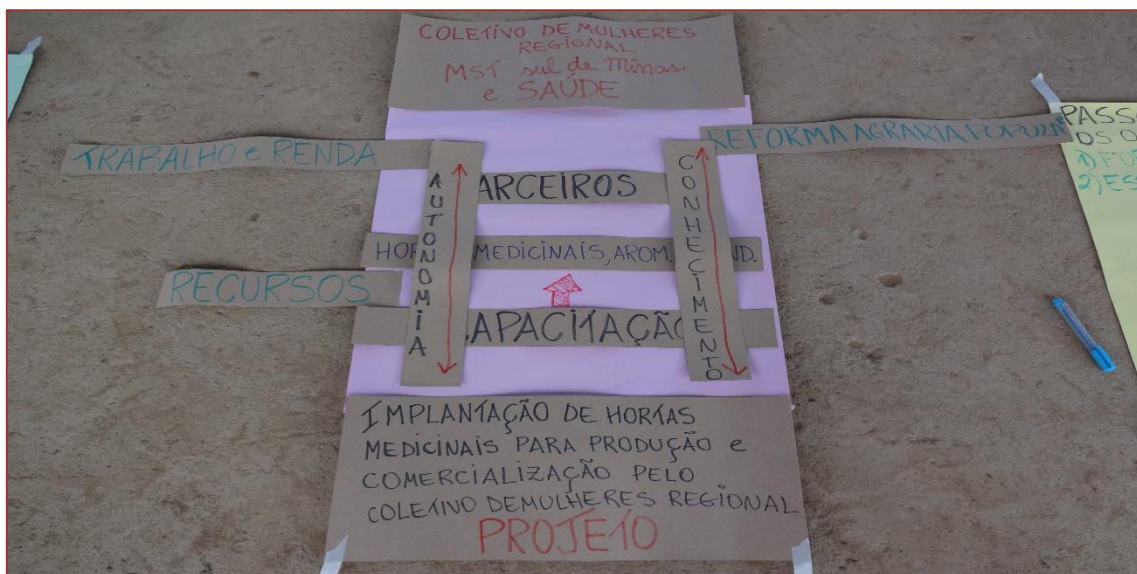
Em dezembro de 2013, no Encontro Regional do MST/sul de Minas, no Santo Dias, realizou-se uma reunião envolvendo os dois coletivos. Firmou-se naquele momento, o compromisso no desenvolvimento do projeto das hortas medicinais a nível regional.

Figura 01. Reunião participativa, com os Coletivos de Mulheres, no Assentamento Santo Dias, Guapé, MG. 2013.



Em 22 de março de 2014, foi realizada a 1ª reunião sobre o projeto das hortas no barracão do acampamento Rosa Luxemburgo com o Coletivo Raízes da Terra. Das atividades definidas para 2014, mereceu destaque a elaboração do projeto para captação de recursos para as hortas medicinais agroecológicas. Decorrida 1 semana da reunião, o Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN) lançou o edital nº19/2014 do Programa de Pequenos Projetos Ecosociais (PPPECOS) que apóia projetos nos biomas Cerrado e Caatinga. A construção do projeto escrito foi a atividade foco entre março e junho de 2014. O projeto intitulado “Mulheres Organizadas gerando Vida e Saúde em Harmonia com a Comunidade e Natureza” foi submetido ao PPPECOS no dia 09 de junho de 2014 e aprovado no dia 22 de julho de 2014.

Figura 02. Atividade participativa de elaboração das principais oportunidade e necessidades, dos Coletivos de Mulheres, para implantação da Horta Medicinal Agroecológica nos assentamentos do MST do Sul de Minas Gerais. 2014.



O projeto teve duração de 2 anos de atividades que incluíram: pesquisa de mercado; capacitações em plantas medicinais pelo Centro Avançado de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e em Controle Biológico Conservativo de Parasitas e Parasitoides, também pela UFLA; implantação de 2 hortas medicinais; construção de estruturas para armazenar ferramentas; construção de secadores solares; materiais para a horta, irrigação e beneficiamento, consultoria técnica especializada em plantas medicinais com base na agroecologia, produção científica e elaboração de cartilhas e materiais de divulgação do projeto. Elas acreditam agora que os entraves para estruturação, de acordo com normas exigidas para comercialização serão amenizados.

3. RESULTADOS

A parceria PRONERA, UFMG e MST contribuiu consideravelmente para o desenvolvimento das áreas de assentamentos. A Especialização Residência Agrária proporcionou a atuação de profissional num momento estratégico para a implantação das hortas medicinais agroecológicas dos coletivos de mulheres.

A junção dos coletivos em prol do desenvolvimento de uma atividade geradora de trabalho e renda, sob os princípios da agroecologia, é uma grande conquista tanto para as mulheres quanto para o MST e traz visibilidade ao trabalho coletivo das mulheres, dentro e fora de suas áreas.

O apoio financeiro alcançado foi estratégico para “alavancar” o processo de implantação das hortas medicinais.

Em 2021, a horta do coletivo Raízes da Terra encontra-se diversificada, sendo a camomila a principal espécie cultivada e comercializada. Este ano, o plantio desta espécie será estendido para além da área da horta. Conseguiram em maio de 2021, a aprovação de uma ementa parlamentar para a construção de uma

fábrica de produção de fitoterápicos, a “Farmácia Viva”, que será reconhecida pela ANVISA. Fizeram parceria com Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL) para a padronização de suas fórmulas fitoterápicas. A horta do Coletivo Olhos d’Água foi destinada para a produção de sementes biodinâmicas para comercialização, um trabalho já existente no Assentamento desse coletivo.

Tais conquistas são fundamentais ao estímulo da autonomia e do empoderamento das mulheres perante a sociedade patriarcal.

Figura 03. Colheita da camomila pelo Coletivo Raízes da Terra, no assentamento Nova Conquista, Campo do Meio, MG. 2020.



Figura 04. Reunião periódica referente ao trabalho da horta medicinal agroecológica, realizada pelo Coletivo Raízes da Terra, no assentamento Nova Conquista, Campo do Meio, MG. 2020.



AGRADECIMENTOS

Aos coletivos de mulheres por possibilitar este trabalho; ao PRONERA por incentivar o conhecimento emancipador; ao MST e a todos que colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho. E as agências de fomento, Cnpq pela bolsa de estudos, e a Capes e FAPEMIG. Além do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares e do Horto Medicinal da UFLA.

REFERÊNCIAS

- [1]. BRANDÃO, 1999, BRANDÃO, C. R. (org.). Repensando a pesquisa participante. São Paulo: Brasiliense. 3 ed. 1999. 252p.
- [2]. MARTINS 2004, MARTINS, H. H. T. S. Metodologia qualitativa de pesquisa. Educação e Pesquisa. São Paulo. v.30. n.2. 2004. p. 289-300.
- [3]. YIN, R. K. Estudo de Caso: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Capítulo 4

Análise do discurso do sujeito coletivo sobre o ingresso de cafeicultores no mercado de cafés especiais

Jéssica Ferreira Rohden

Pablo Murta Baião Albino

Resumo: Historicamente, o mercado de café tem uma estrutura que o caracteriza como commodity. Entretanto, o café vem deixando de ser um produto de baixa diferenciação, recebendo diversas características específicas devido ao trabalho de seus produtores para reduzir a vulnerabilidade às oscilações do mercado. Surgiram assim, os cafés especiais, cafés de qualidade superior com atributos únicos conferidos pela região de origem da produção. Embora o café especial ofereça uma maior margem de lucro ao produtor quando comparado ao café tipo commodity, a distribuição da renda ainda é desproporcional. Há também diversos gargalos nesta cadeia produtiva, e oportunidades que podem ser melhor exploradas. Assim, o objetivo deste trabalho foi compreender quais são os aspectos fundamentais para o ingresso de cafeicultores no mercado de cafés especiais, de acordo com a visão de especialistas no assunto. Foram entrevistados quatro especialistas: um agrônomo, ex-pesquisador e atualmente consultor; um produtor e torrefador de cafés de Minas Gerais; um membro do Conselho dos Exportadores de Café do Brasil; e um agrônomo pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas. As entrevistas foram transcritas, processadas no software Iramuteq e a partir dos resultados foram identificadas cinco ideias centrais a respeito do mercado de cafés especiais. Assim, foi possível construir um Discurso do Sujeito Coletivo, onde se expressa a opinião deste grupo baseado em suas experiências como profissionais. Os resultados mostram que o produtor de cafés especiais deve não apenas conhecer o conjunto de técnicas produtivas, mas também deter um profundo conhecimento sobre o funcionamento do mercado e sobre o consumidor. Por esta razão, a motivação pessoal também tem importância fundamental para a entrada neste mercado. Além disso, foi destacado o papel fundamental de organizações de apoio ao cafeicultor, como associações, cooperativas e federações.

Palavras-Chave: café, mercado, organizações, sujeito coletivo

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, maior produtor, exportador e consumidor mundial de café, tem potencial para ocupar 20% do mercado mundial de cafés especiais, cada vez mais dinâmico (SAES & NAKAZONE, 2004; ABIC, 2018). Este é um mercado que vem crescendo consideravelmente, entretanto ao longo de toda a cadeia produtiva, embora o café especial ofereça uma maior margem de lucro ao produtor quando comparado ao café tipo commodity, a distribuição da renda ainda é desproporcional (MORAES et al. 2013).

Ainda existem diversos gargalos para o crescimento do mercado de cafés especiais e vantagens que não são totalmente exploradas pelos produtores (ALBINO et al, 2013). A fim de compreender os aspectos que são fundamentais para o ingresso de cafeicultores no mercado de cafés especiais, esta pesquisa entrevistou especialistas na área.

Os resultados apontam diversos fatores críticos para o sucesso neste mercado, em especial o nível de conhecimento do produtor em relação ao mercado e também o papel de organizações de apoio do universo do café. A seguir, é apresentado o referencial teórico utilizado nesta pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Commodities são mercadorias comercializadas em escala global com preços definidos pelo mercado, com elevado número de produtores, que possuem baixa diferenciação e pouco valor agregado (SANDRONI, 1994). Por terem seu preço definido pela influência de fatores climáticos e conjunturais, há grandes flutuações de preço que geram incerteza aos produtores sobre qual será sua renda (OLIVEIRA & AGUIAR, 2003).

No mercado de commodities, os produtores têm dificuldade em conseguir vantagens competitivas, uma vez que não há diferenciação entre seus produtos, o que torna o custo de mudança baixo para o consumidor. Ao incorporar ao produto algum novo atributo desejável ao consumidor, o produtor passa a se diferenciar, possibilitando a entrada em mercados mais rentáveis (SAES & SPERS, 2006). É importante notar que para que um produto seja considerado diferenciado basta que o consumidor o perceba como tal, seja por meio de características reais do produto, que podem ser mensuradas, ou características subjetivas, relacionadas à experiência individual do consumidor (GUIMARÃES, 2016).

Historicamente, o mercado de café tem uma estrutura que o caracteriza como commodity. Entretanto, o café vem deixando de ser um produto de baixa diferenciação, recebendo diversas características específicas devido ao trabalho de seus produtores para reduzir a vulnerabilidade às oscilações do mercado. Com isto, surgiram produtos diferenciados no mercado de café, como o café orgânico, o café sombreado, e o café com denominação de origem, por exemplo (SAES, 2006).

Entende-se como café especial o café de qualidade superior com atributos únicos conferidos pela região de origem da produção (ZYLBERSZTAJN & FARINA, 2001). A associação de cafés especiais da América (Specialty Coffee Association of America - SCAA) criou uma escala de 100 pontos para a avaliação destes cafés, onde apenas os cafés com mais de 80 pontos são considerados especiais de acordo com sua metodologia (SCAA, 2015). Assim, para este trabalho foram considerados como cafés especiais aqueles que se enquadram nos padrões de classificação definidos pela SCAA.

O surgimento dos cafés especiais se deu pelo aumento da demanda por produtos com atributos únicos que os diferenciavam dos cafés tradicionais, como a qualidade da bebida, a sustentabilidade da produção, a origem do produto e os diversos processos realizados durante a colheita e no preparo na indústria (GUIMARÃES, 2016). A demanda por estes cafés se deu pela evolução do mercado, que ocorreu por meio de três grandes movimentos comumente descritos como “ondas do café”. Cada uma das três ondas tem características específicas, enquanto ao mesmo tempo se sobrepõe, coexistindo sem extinguir o movimento anterior, e influenciando a onda seguinte (KEIE, 2002).

A primeira onda do café se iniciou nos anos 50, marcada pela massificação do consumo do café como bebida energética, devido a cafeína (MANZO, 2010). No período pós segunda guerra mundial a prioridade era a praticidade, e não a qualidade sensorial da bebida. Assim, durante este período diversos conglomerados torrefadores de café se formaram, e o foco era produzir uma bebida uniforme e manter estáveis os preços internacionais do café (LUTTINGER & DICUM, 2006).

Já entre os anos 70 e 80, a segunda onda do café surge como uma reação aos cafés de baixa qualidade. Em 1974 surge o conceito de *Specialty Coffee* (café especial) para descrever cafés de alta qualidade e disponíveis em quantidades limitadas para pequenos torrefadores (SCAA, 2018). Durante este período

surtem as primeiras redes de cafeterias, em espaços sofisticados que criavam diversas bebidas à base de café e levaram o consumo de café para além do ambiente doméstico (ANDRADE et al., 2015). A rede Starbucks teve papel fundamental na popularização de diversas bebidas, especialmente por sua expansão mundial a partir dos anos 90. Neste período surgem os primeiros especialistas focados em compreender os diferentes estilos de torrefação e as origens do café, usando como inspiração a indústria do vinho (SKEIE, 2002).

Com o aumento da percepção da qualidade por parte do consumidor, surgiram diversos torrefadores artesanais e cafés diferenciados por diversos atributos, como origem, torra, método de preparo, dentre outros. Assim nos anos 2000 surgia a terceira onda do café, com foco nas características únicas que cada safra de café de cada origem pode proporcionar e pelo caráter artesanal da bebida. Os baristas se aproximaram dos produtores rurais para trabalhar “do campo até a xícara” em uma relação mais próxima tanto com o cafeicultor quanto com os consumidores (LAGES, 2015).

São características marcantes da terceira onda: o comércio direto entre o cafeicultor e as torrefadoras; a maior informação sobre as características do café e sobre a sua origem; a preocupação com a sustentabilidade econômica, social e ambiental, especialmente com a condição socioeconômica dos produtores rurais; e a alta qualidade da bebida (GUIMARÃES, 2016).

Neste contexto, é fundamental que o cafeicultor tenha informações claras e atualizadas sobre o mercado para que seja capaz de se adaptar às suas constantes mudanças. Isto se deve principalmente ao fato de que a assimetria de informações sobre o mercado, bem como as disparidades de poder entre os agentes da cadeia produtiva, são alguns dos principais obstáculos para uma cafeicultura mais sustentável (POTTS, 2003).

Considerando-se a premissa da assimetria de informações, torna-se evidente a necessidade de ouvir diversos agentes da cadeia produtiva, também chamados de *stakeholders*, para uma compreensão ampla dos aspectos fundamentais para o ingresso de cafeicultores no mercado de cafés especiais. Para tanto, uma metodologia que seja capaz de apreender o conjunto de opiniões e crenças destes agentes torna-se fundamental. Desta maneira, destaca-se o Discurso do Sujeito Coletivo (DSC), metodologia que une as respostas de diversas entrevistas individuais em um único conteúdo regido pela primeira pessoa do singular (LEFÈVRE e LEFRÈVRE, 2005).

O DSC mantém as características qualitativas de todas as respostas obtidas, buscando criar o efeito de “coletividade falando”, por meio de ideias centrais (LEFÈVRE, LEFÈVRE e MARQUES, 2009). Houve dificuldade nesta pesquisa em encontrar trabalhos que utilizem o método nas ciências agrárias. Ainda assim, o método tem reconhecida eficácia para expressar opiniões coletivas em pesquisas empíricas (LEFEVRE & LEFEVRE, 2006), razão pela qual foi elegido para o corrente trabalho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente trabalho optou-se pela abordagem metodológica qualitativa. A pesquisa qualitativa foi escolhida por compreender aspectos que não podem ser quantificados, como significados, motivações e crenças (MINAYO, 2001). Uma vez que este trabalho busca compreender relações de mercado baseado em especialistas no assunto, a abordagem qualitativa é adequada. Assim, foi feita uma análise do Discurso do Sujeito Coletivo (DSC), considerando a visão de especialistas da cafeicultura.

Foram realizadas entrevistas com quatro especialistas do setor de produção de café. As entrevistas foram feitas por telefone, contendo as seguintes perguntas:

- a) O senhor(a) acredita que os cafés verdes com mais de 80 pontos estão se transformando em *commodity*?
- b) Qual dos dois produtos alcança os melhores compradores de café, do ponto de vista de segurança do contrato de compra e venda, melhor preço, quantidade: o café verde especial ou o café torrado especial?
- c) Quais são as estratégias que um produtor deve usar para maximizar as vendas de cafés torrados especiais?
- d) Quais são as estratégias que um produtor deve usar para maximizar a venda de cafés verdes especiais?
- e) Na sua opinião, é possível acessar o mercado de cafés verdes a partir da venda de café torrado? SIM (como?) NÃO (Por quê?)

A relação de especialistas entrevistados é dada a seguir:

- 1) Um Engenheiro Agrônomo, Doutor em Economia Rural, Consultor Temático do Projeto Educampo Café do (Sebrae/MG), e ex-Pesquisador da Embrapa Café.
- 2) Um produtor de cafés especiais, proprietário de torrefadora de café sediada no município de Coimbra, Minas Gerais.
- 3) Um Coordenador de Responsabilidade Social e Sustentabilidade do CecaFé (Concelho dos Exportadores de Café do Brasil).
- 4) Um Agrônomo, Doutor em Agronomia, Pesquisador do Instituto Agronômico de Campinas – IAC.

As respostas das entrevistas foram analisadas por meio do método qualitativo do Discurso do Sujeito Coletivo (DSC), desenvolvido por Fernando Lefrève e Ana Maria Cavalcanti Lefrève (LEFÈVRE & LEFÈVRE, 2003). Este método baseia-se na Teoria da Representação Pessoal, e se caracteriza por construir um único discurso a partir do conteúdo de diversas falas semelhantes, buscando definir o pensamento coletivo sobre um tema de forma imparcial (FIGUEIREDO; CHIARI; GOULART, 2013).

As falas realizadas pelo público alvo foram transcritas para a posterior construção de um único discurso, que representa a crença de um grupo. Isto foi feito através da identificação de expressões chave, das quais foi possível resgatar ideias centrais. Cada ideia central foi alocada em um grupo específico, utilizado para representar o pensamento coletivo dos entrevistados.

O trabalho de identificação de expressões chave pode ser feito por software, e neste trabalho foi feito pelo Iramuteq. Este software é gratuito ancorado ao software R, e permite realizar análises baseado em corpus textuais, conjunto de texto que se pretende analisar. As palavras dos corpus textuais são distribuídas de forma visual por meio de nuvem de palavras, facilitando a visualização de palavras-chave (CAMARGO & JUSTO, 2013).

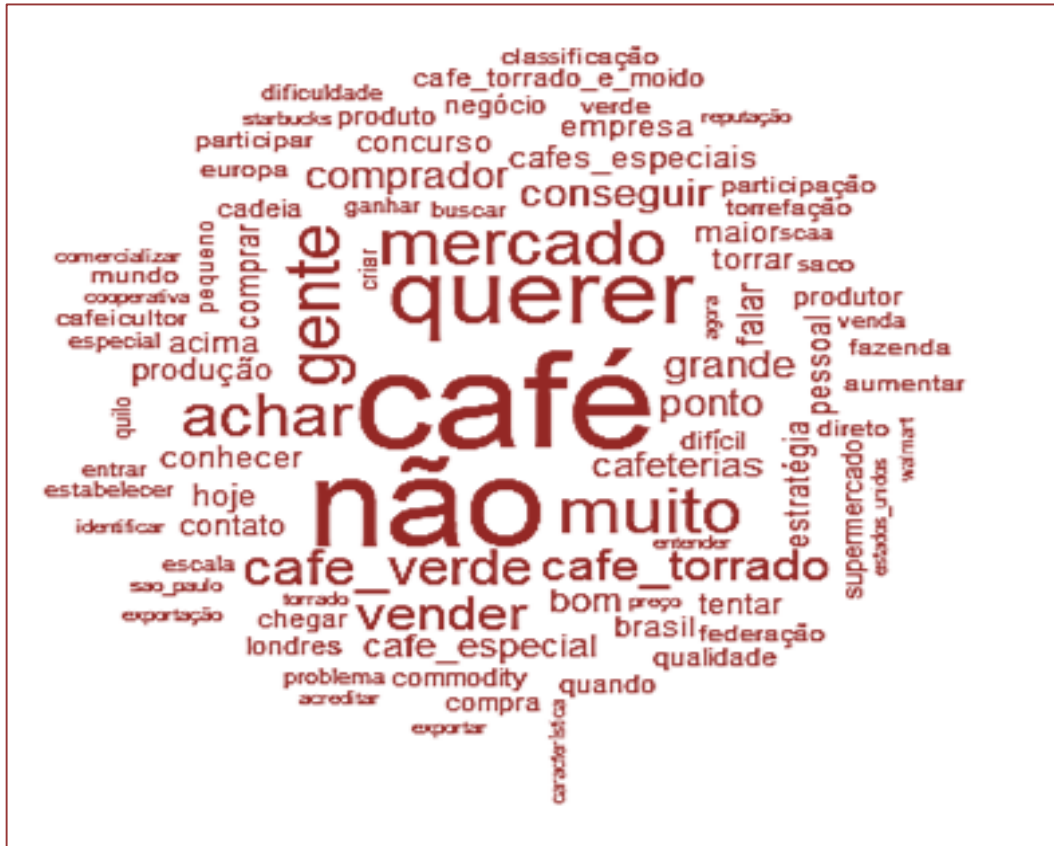
Para este trabalho, os corpus textuais foram as transcrições de conversas dirigidas a quatro especialistas do setor de cafeicultura. Desta forma, o corpus desta análise foi baseado nas transcrições de cada conversa de forma individual. Assim, as respostas de cada uma das entrevistas foram transcritas para o computador, usando o programa MS Word.

Após processar os corpus textuais, o Iramuteq disponibiliza as nuvens de palavras, que são uma representação gráfica das palavras mais frequentemente utilizadas pelos entrevistados. Assim, as nuvens de palavras são utilizadas para a compreensão das ideias centrais e construção de um Discurso do Sujeito Coletivo. A seguir, são apresentadas estas nuvens de palavras e discutidos os resultados das análises e as ideias centrais identificadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o processamento dos corpus textuais, o software Iramuteq disponibilizou a nuvem de palavras a seguir:

Figura 2 – Nuvem de palavras formada pelo Software Iramuteq após o processamento de quatro corpus textuais

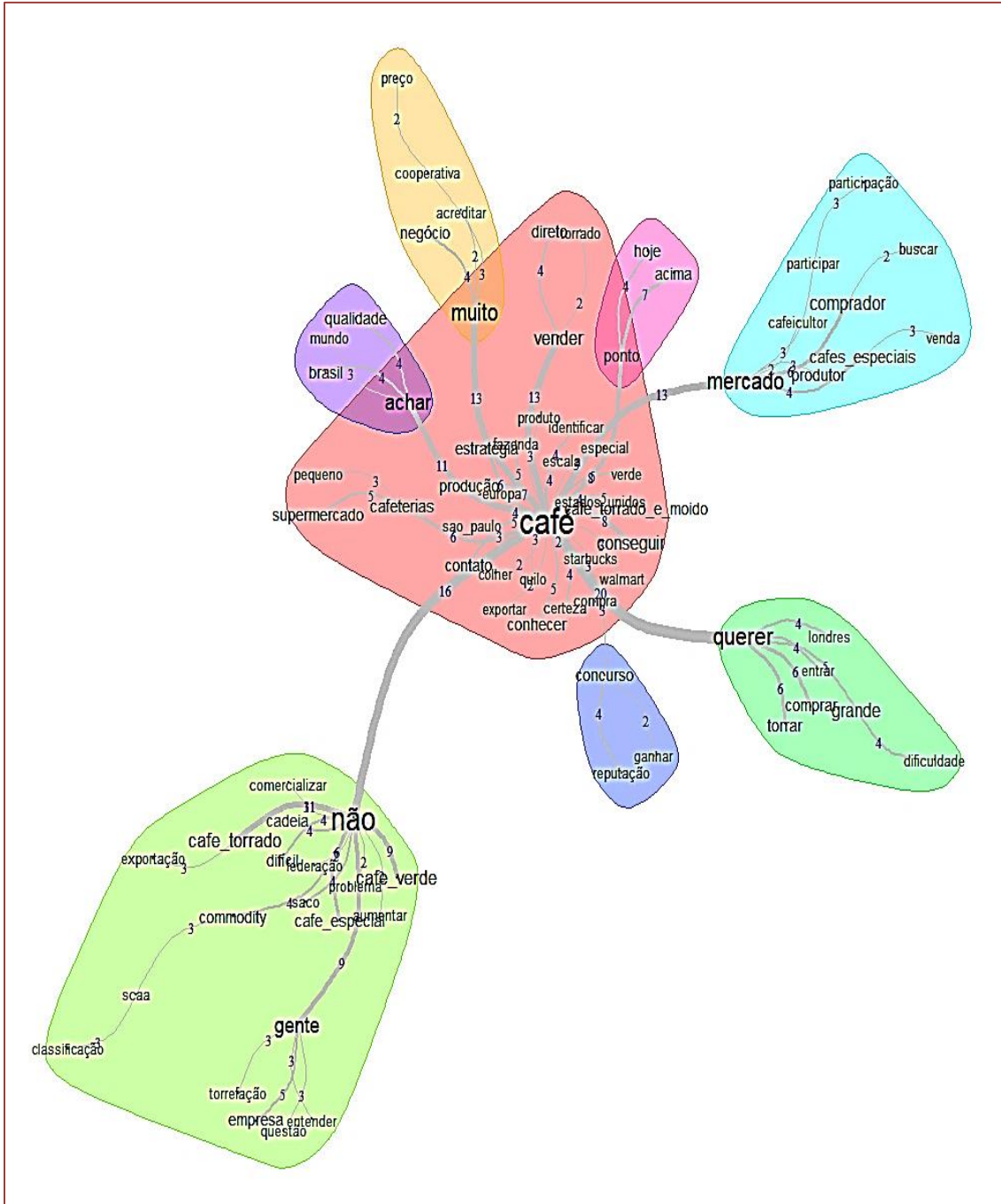


Fonte: Elaboração própria.

A Figura 1 apresenta, de maneira genérica, as palavras com maior ocorrência nas falas dos entrevistados. Quanto maior a palavra apresentada, mais vezes a mesma foi dita por diferentes entrevistados. Por apresentar apenas palavras avulsas, não é possível fazer inferências específicas a respeito dos argumentos apontados pelos entrevistados.

Neste sentido, foi realizada uma análise dos discursos com maior detalhe utilizando a Figura 1 em conjunto com uma segunda imagem também gerada pelo Iramuteq (Figura 2). O software também oferece o detalhamento da nuvem de palavras em grupos específicos, que relacionam as palavras umas com as outras, de acordo com os diversos discursos. Este detalhamento gráfico pode ser visualizado na imagem a seguir:

Figura 3-Diagrama de palavras formado pelo Software Iramuteq após o processamento de quatro corpus textuais



Fonte: Elaboração própria

Analisando estas imagens, foram encontradas cinco ideias centrais. O quadro a seguir (Quadro 01) resume as cinco ideias centrais deste trabalho, correlacionando-as com suas palavras-chave.

Quadro 1 – Ideias centrais identificadas nas entrevistas realizadas com quatro especialistas na cadeia produtiva de cafés especiais.

	Ideia Central	Palavras-Chave
1	A venda de cafés especiais exige que o cafeicultor participe ativamente no mercado, além de buscar seus compradores;	Mercado; Cafeicultor; Participar; Participação; Produtor; Cafés Especiais; Venda; Comprador; Buscar;
2	Pode haver grande dificuldade para entrar no mercado de cafés especiais, e o produtor precisa querer ganhar reputação por meio de concursos;	Querer; Entrar; Grande; Dificuldade; Comprar; Torrar; Londres; Concurso; Ganhar; Reputação;
3	Não é possível comercializar cafés especiais sem gente que entenda a cadeia produtiva e que veja o negócio como uma empresa. A classificação pela SCAA e a Federação aumenta a comercialização, entretanto exportar café torrado é difícil;	Não; Comercializar; Café Torrado; Exportação; Cadeia, Difícil; Federação; Commodity; SCA A; Classificação; Saco; Café Especial; Café Verde; Problema; Aumentar; Gente; Empresa; Entender; Questão; Torrefação;
4	Quem compra cafés especiais no Brasil e no mundo quer ter certeza sobre a qualidade do produto, principalmente quando o produto é o café torrado;	Café; Café Torrado e Moído; Ponto; Hoje; Acima; Contato; Produção; Achar; Qualidade; Mundo; Brasil; Compra; Certeza; Conseguir; Escala; Especial; Produto; Torrado;
5	Além de identificar mercados, é preciso definir estratégias para vender o café pelo melhor preço.	Identificar; Estados Unidos; Europa; São Paulo; Cafeterias; Supermercado; Pequeno; Estratégia; Muito; Acreditar; Cooperativa; Preço; Colher; Quilo; Exportar; Starbucks; Walmart; Vender; Direto;

Fonte: Elaboração própria.

A primeira ideia central é relacionada à transição da produção de cafés do tipo commodity para cafés especiais. Neste cenário, o cafeicultor deve querer participar ativamente no mercado, buscando por conta própria novos compradores para os cafés especiais. Entretanto, a dificuldade para encontrar novos compradores pode ser grande. Esta afirmação do sujeito coletivo vai de encontro ao apresentado no trabalho de SAES (2008), que observou que instituições privadas, associações e cooperativas foram fundamentais para o que o desenvolvimento do mercado de cafés especiais. As associações de cafés especiais criaram regras que diferenciaram os cafés especiais do café commodity, dando identidade diferenciada a este produto (CALDEIRA, 2015).

A segunda ideia central também se refere à entrada em novos mercados. Para entrar no mercado de cafés especiais, a dificuldade pode ser grande, por isto o produtor deve querer, ter força de vontade. Muitas cafeterias em Londres têm optado por comprar e torrar o café brasileiro, criando barreiras para a exportação de café torrado. A reputação do café tem grande peso na entrada do mercado de cafés especiais e, participar em concursos, pode ser uma estratégia para ganhar reputação.

A terceira ideia central, por sua vez, afirma que para aumentar a comercialização e exportação do café verde especial, agentes como Federações tem papel importante. No caso de uma torrefação, é preciso que o agronegócio seja gerido como uma empresa e de gente que entenda das questões relacionadas a este mercado. O produtor precisa ter contato com a cadeia produtiva e comercializar cafés especiais é difícil se o produtor não compreende a cadeia produtiva como um todo.

Além disso, para que o café especial se diferencie do café commodity, o sujeito coletivo destaca a importância de organizações como a SCAA (*Specialty Coffee Association of America*) e de sistemas de classificação que apontem a qualidade do café. Observando esta afirmação, é possível notar semelhança entre as ideias centrais 2 e 3, porém ambas diferem em sua ponto de vista.

Enquanto a ideia central 2 se refere ao grau de comprometimento do produtor em criar uma reputação em torno de seu produto, a ideia central 3 se refere aos compradores do café, que demandam detalhes e características dos produtos que os produtores podem ter dificuldade em atender. Desta a forma, a ideia central 3 se refere à uma das principais necessidades atuais do mercado de café, que se refere à mudança

no modelo de negócio das indústrias, incluindo o produtor no debate sobre o setor (CERUTTI & BUCHI). Desta forma, quando o sujeito coletivo aponta para organizações como federações, está de fato apontando para um organismo representante dos cafeicultores, que têm o papel de diálogo com a indústria e abertura de novos mercados.

A quarta ideia central encontrada se refere ao diferencial dos cafés especiais. Para achar os melhores clientes no Brasil e no mundo a produção deve ser de qualidade, que hoje é representada pelo número de pontos obtidos na classificação do café, que deve estar acima da média – que atualmente é de 80 pontos. Isto é ainda mais forte quando se trata de café torrado e moído. Além disso, quem compra cafés especiais quer ter certeza sobre a qualidade e atributos do produto. É possível notar que esta ideia central foi indiretamente repetida em todas as demais ideias centrais deste trabalho. Isto provavelmente se deve ao diferencial de qualidade intrínseco dos cafés especiais, que obrigatoriamente possuem características sensoriais como estratégia de diferenciação em relação ao café commodity.

Por fim, como quinta ideia central, o sujeito coletivo afirma que o produtor deve identificar e conhecer o mercado, e ao mesmo tempo deve acreditar em seu negócio. Os melhores preços para o café verde são obtidos por meio de agentes facilitadores, como cooperativas. No caso do café torrado, para conseguir os melhores preços, o produtor deve vender o seu produto direto ao cliente, sem atravessadores. Ainda que esta via possa ser uma oportunidade de maior resultado bruto, em muitos casos a venda do café torrado direto ao consumidor final pode demandar a criação de marca própria e uma série de registros e adequações no processamento que podem acabar reduzindo os resultados do produtor dependendo do seu volume de produção.

É preciso definir uma estratégia, seja ela a exportação ou vender direto, o que pode ser mais difícil para o pequeno produtor. Possíveis mercados apontados são Estados Unidos, Europa e São Paulo. São citados também canais de venda para os cafés verde e torrado, como cafeterias, supermercados e grandes redes de varejo, como Walmart e Starbucks.

A competitividade dos cafés especiais deriva da estratégia de agregação de valor e diferenciação em relação ao café tipo commodity. Segundo Leão (2010), cafés de qualidade superior e com características únicas são resultado de uma postura mais ativa por parte dos produtores, que vão além da fazenda e também atuam na comercialização e na construção de organizações de suporte, como cooperativas. Isto corrobora com as afirmações do sujeito coletivo, quando este diz que “é preciso acreditar no negócio” e que “o produtor tem que participar do mercado”.

De acordo com pesquisas de mercado recentes, algumas das principais tendências de consumo de café são Qualidade, Atitudes e Idade (Euromonitor Internacional, 2015; Euromonitor Internacional, 2016). Em relação à qualidade, o produto deve conter aspectos que aumentem a percepção de valor ao consumidor. A lucratividade de cafés especiais está diretamente atrelada à percepção do consumidor sobre os atributos essenciais de qualidade que caracterizam o produto final (SAES, 2008). Alguns destes aspectos são selos e certificados, edições limitadas e a apresentação do produto (embalagens especiais, design, etc). De acordo com a ideia central 4, cafés com maiores pontuações e certificações são aspectos que podem gerar a percepção de qualidade no consumidor. É válido ressaltar que, a classificação da SCAA, vem sendo amplamente utilizada por compradores de café como parâmetro de qualidade. Segundo observado por Guimarães et al (2016), cafeterias especializadas tem elevado seus padrões, comprando apenas cafés com mais de 83 ou 84 pontos.

O quesito Atitudes se refere ao ambiental e socialmente correto. Nenhum destes dois aspectos ocorre diretamente nas ideias centrais encontradas neste trabalho. Entretanto, ao se considerar a segunda e terceira ideias centrais (Reputação e Perfil do Produtor) se observa que indiretamente as questões ambientais e sociais foram consideradas pelo sujeito coletivo ao se relatar a importância de certificações e da participação em concursos. O reconhecimento da qualidade do café e de que o processo produtivo é sustentável resulta em um produto de maior valor agregado e de melhor percepção pelo mercado consumidor (SAES & SPERS, 2006).

Em relação à terceira tendência do café, idade, são considerados como importantes consumidores os millenials, pessoas nascidas entre 1979 e 1995. Este público corresponde a mais de um quinto da população mundial atual e procura uma relação mais íntima com os produtos. Assim, buscam serviços customizados, o que torna os atributos citados anteriormente (qualidade, atitudes e conveniência) mais relevantes. Em nenhuma das ideias centrais a relação entre idade e mercado de cafés especiais é citada. Isto sugere que, apesar de ser uma tendência, a idade do consumidor ainda não tem afetado diretamente na relação do produtor de cafés especiais com o mercado.

Segundo Euromonitor Internacional (2016), consumidores com maior poder aquisitivo são mais suscetíveis a consumir cafés de qualidade. Além disso, são atentos à cultura do café, origens e sabores. Os aspectos sabor, aroma e marca são os maiores influenciadores considerados pelo consumidor na diferenciação entre cafés especiais.

Neste sentido, atualmente os produtores de cafés especiais se aproximam dos consumidores, buscando desenvolver relações de cooperação para oferecer experiências sensoriais e emocionais (Kleinaltenkamp et al., 2012). Esta realidade está indiretamente relacionada com as ideias centrais 1 e 4, quando se afirma que o produtor deve participar ativamente, buscando conhecer profundamente o seu mercado, além de acreditar na qualidade do seu produto.

Neste sentido, o cafeicultor passa a ser ator em toda a cadeia produtiva, detendo não apenas o conhecimento sobre técnicas produtivas, mas também sobre marketing. O marketing começa antes da venda, quando o produtor entende a extensão e intensidade das necessidades do cliente, buscando compreender se há de fato uma oportunidade de lucro (Kotler, 1999). Assim, é possível trazer benefícios tanto para o produtor quanto para o cliente quando se estabelecem relacionamentos através de uma comunicação eficaz e integrada (Churchill & Peter, 2000). Por estas razões, é fundamental que o produtor de cafés especiais seja ativo e compreenda profundamente seu mercado.

Segundo a FAO (2019), os maiores importadores do café brasileiro são Estados Unidos da América, Alemanha e Itália. Esta informação corrobora o discurso do sujeito coletivo, que afirma que estes são os mercados ideais para a exportação. O Brasil, também citado como importante mercado, superou os Estados Unidos em 2018 e passou a ser o maior consumidor de café do mundo (ABIC, 2018). Apenas em 2017, o Brasil consumiu mais de 21,5 milhões de sacas de café, sendo que 1,5 milhões de sacas foram de cafés especiais (Euromonitor Internacional, 2017).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de cafés especiais demanda não apenas o conhecimento de técnicas produtivas para a obtenção de um produto de maior qualidade, mas também um profundo conhecimento sobre o mercado de cafés especiais. Desta forma, o cafeicultor passa a ser não apenas um produtor, mas também um gestor que precisa conhecer aspectos relacionados ao marketing.

Outro aspecto encontrado nesta pesquisa é que o produtor de cafés especiais precisa de grande motivação pessoal para atuar neste mercado. Isto porque sem uma participação ativa e constante, não é possível conquistar clientes ou os melhores preços para os produtos específicos.

Também foram reconhecidas nesta pesquisa a importância de organizações de apoio aos cafeicultores, como cooperativas, federações e associações de cafés especiais. As cooperativas e federações foram apontadas como agentes que facilitam o acesso a mercados, especialmente para os pequenos produtores ou em novos mercados. Como a qualidade é um fator essencial para o mercado de cafés especiais, as associações são fundamentais para a criação de parâmetros de qualidade, movendo o café do status de commodity para um produto *premium*.

REFERÊNCIAS

- [1]. ALBINO, Pablo Murta Baião; Moraes, S. F. ; Cesar, A. S. . Análise SWOT para Cadeia Produtiva do Café Gourmet. In: 51º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural - SOBER, 2013, Belém. Fronteiras da Agropecuária no Brasil e na Amazônia: desafios da sustentabilidade, 2013.
- [2]. ABIC. "Brasileiros conquistam título de maiores consumidores de café no mundo". 2018.<<http://abic.com.br/brasileiros-conquistam-titulo-de-maiores-consumidores-de-cafe-no-mundo/>>
- [3]. ANDRADE, H.C.C.; ALCÂNTARA,V.C.; ALDANO, A.P.M.; SANTOS, A.C. Atribuição de sentidos e agregação de valor: insumos para o turismo rural em regiões cafeicultoras. Revista Brasileira de Ecoturismo, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 333-346, 2015.
- [4]. CALDEIRA, L. G. Posicionamento e imagem de marca no mercado de café verde. 2015. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- [5]. CAMARGO, BRIGIDO & JUSTO, ANA. (2013). IRAMUTEQ: Um software gratuito para análise de dados textuais. Temas em Psicologia. 21. 513-518. 10.9788/TP2013.2-16.

- [6]. CERUTTI, M.; BUCHI, G. Sustainability and Supply Chain Empowerment: The Lavazza Case. *Symphonya. Emerging Issues in Management* (symphonya.unimib.it), 1, 39-47.
- [7]. CÉSAR, A.; MORAES, S. F. DE; BATISTA, A. P.; ALBINO, P. M. B. (2013). A cadeia produtiva de café gourmet e suas margens de comercialização.
- [8]. CHURCHIL, G. A.; PETER, J. P. *Marketing: criando valor para o cliente*. São Paulo: Editora Saraiva, 2000.
- [9]. EUROMONITOR INTERNACIONAL. *Tendência do Mercado de Cafés*. São Paulo, 2017.
- [10]. EUROMONITOR INTERNACIONAL. *Tendência do Mercado de Cafés em 2016*. São Paulo, 2016.
- [11]. EUROMONITOR INTERNACIONAL. *Tendência do Mercado de Cafés*. São Paulo, 2015.
- [12]. FAO. <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity_exports> acesso em 18 de janeiro de 2018
- [13]. FIGUEIREDO, M. Z. A.; CHIARI, B. M.; GOULART, B. N. G. DE. Discurso do Sujeito Coletivo: uma breve introdução à ferramenta de pesquisa qualiquantitativa. *Comunicação*, v. 25, n. 1, p. 129-136, 2013.
- [14]. GUIMARÃES, E. R. *Terceira Onda do Café: Base Conceitual e Aplicações*. Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, 2016. 135 p.
- [15]. GUIMARÃES, E. R., CASTRO, L. G. DE, JÚNIOR, & ANDRADE, H. C. de. A terceira onda do café em Minas Gerais. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, Lavras, v. 18, n. 3, p. 214-227, 2016
- [16]. KLEINALTENKAMP, M., RUDOLPH, M., & CLASSEN, M. Multistage marketing. In M. S. Glynn, & A. G. Woodside (Eds.), *Advances in business marketing & purchasing* (Vol. 18, pp. 141-174). 2012. Bingley, UK: Emerald Group Publishing Limited.
- [17]. KOTLER, P. *Marketing para o século XXI: como criar, conquistar e dominar mercados*. São Paulo: Futura, 1999.
- [18]. LEFÈVRE, F.; LEFÈVRE, A. M. C.; MARQUES, M. C. C. Discurso do sujeito coletivo, complexidade e auto-organização. *Ciência e saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v.14, n.4, p. 1193-1204, 2009.
- [19]. LEFÈVRE F.; LEFÈVRE, A.M.C. O sujeito coletivo que fala. *Comunic. Saúde, Educ.* jul/dez 2006; 10(20):517-24. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/icse/v10n20/17.pdf>>
- [20]. LEFÈVRE, F.; LEFÈVRE, A. M. C. *O discurso do sujeito coletivo: um novo enfoque em pesquisa qualitativa (Desdobramentos)*. 2. ed. Caxias do Sul: EDUSC, 2005.
- [21]. LEFÈVRE, F.; LEFÈVRE, A. M. C. *O discurso do sujeito coletivo. Um novo enfoque em pesquisa qualitativa (Desdobramentos)*. Caixas do Sul/RS: EDUCS, 2003.
- [22]. LEÃO, EVERSON DE ALMEIDA. *A produção de cafés especiais no Brasil e a emergência de novos padrões de competitividade*. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- [23]. LAGES, M. P. *A Formação do Consumo Gourmet no Brasil: O Caso dos Cafés Especiais e dos Corpos que os Acompanham*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, 2015.184 p.
- [24]. LUTTINGER, N.; DICUM, G. *The Coffee Book: anatomy of an industry from crop to the last drop*. The New Press, 2006.
- [25]. MANZO, J. Coffee, Connoisseurship, and an Ethnomethodologically-Informed Sociology of Taste. *Human Studies*, 33, 141-155, 2010.
- [26]. MINAYO, MARIA CECÍLIA DE SOUZA (org.). *Pesquisa Social. Teoria, método e criatividade*. 18 ed. Petrópolis: Vozes, 2001.
- [27]. MORAES, S. F.; CESAR, A. S.; BATISTA, A. P.; ALBINO, P. M. B. A cadeia produtiva de café gourmet e suas margens de comercialização: Análise de caso no Rio de Janeiro. In: *Congresso Internacional de Sistemas Agroalimentares Localizados*, 2013, Florianópolis. SIAL 2013, 2013.
- [28]. POTTS J. *Building a sustainable coffee sector using market based approaches: the role of multi stakeholder cooperation*, ICO.org. 2003
- [29]. SAES, M. S. M.; NAKAZONE, D. O agronegócio café do Brasil no mercado internacional. *Revista Fae Business*, v. 9, set, p. 40-42, 2004.
- [30]. SAES, M. S. M. *Estratégias de Diferenciação e Apropriação da Quase-Renda na Agricultura: a Produção de Pequena Escala*. 2008. 168f. Tese (Livre Docência) –Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [31]. SAES, A. M. Do vinho ao café: aspectos sobre a política de diferenciação. *Informações Econômicas*, SP, v.36, n.2, fev. 2006.

- [32]. SAES, M. S. M., & SPERS, E. E. (2006). Percepção do consumidor sobre os atributos de diferenciação no segmento rural: Café no mercado interno. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 8(3), 354-367.
- [33]. SANDRONI, Paulo. *Novo Dicionário de Economia*, 3ª ed., São Paulo, Editora Best Seller, 1994.
- [34]. SCAA (2015) SCAA Protocols - Cupping Specialty Coffee. Specialty Coffee Association of America. <<http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>
- [35]. SKEIE, T. R. *Norway and Coffee. The Flamekeeper*, Spring 2003. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20031011091223/http://roastersguild.org/052003_norway.shtml> Acesso em 12 de janeiro de 2019.
- [36]. SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. Celebrating Erna Knutsen's Specialty Coffee – 25 Magazine: Issue 6. 2018. Disponível em: <<https://scanews.coffee/25-magazine/issue-6/english/celebrating-erna-knutsen-specialty-coffee>>
- [37]. ZYLBERSZTAJN, D.; FARINA, E. M. M. Q. Diagnóstico sobre o sistema agroindustrial de cafés especiais e qualidade superior do Estado de Minas Gerais. *Pensa/SEBRAE*. São Paulo, p.153. 2001

Capítulo 5

Reúso de água cinza e água subterrânea na produção de rabanete cultivado com diferentes fertilizantes orgânicos

Gilbenes Bezerra Rosal

Bianca Rodrigues Bezerra

Alexandre Reuber Almeida da Silva

Marcos Antônio Vieira Batista

Eugênio Paceli de Miranda

Carlos Newdmar Vieira Fernandes

Resumo: Foi realizado estudo com rabanete, cultivar Crimson Giant, irrigadas com água cinza e água de poço, associadas à presença e à ausência isolada (ou combinada) de diferentes insumos orgânicos. O experimento foi conduzido de janeiro a fevereiro de 2018, no sistema “Bioágua Familiar” implantado na área agricultável do Diocesano Hotel, Iguatu – CE, o delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, no arranjo de parcelas subdivididas (2 x 4), com quatro repetições, sendo as parcelas constituídas por duas diferentes fontes hídricas (A₁: “água de poço artesiano” e A₂: “água cinza”) e as subparcelas constituídas por quatro diferentes condições de adubações orgânicas, geradas pela presença ou ausência dos insumos orgânicos esterco bovino e/ou húmus de minhoca, aplicados de forma isolada e/ou combinada (I₀: sem a aplicação de insumos orgânicos; I₁: aplicação de esterco bovino, na dose de 7,5 L m⁻²; I₂: aplicação de húmus de minhoca na dose de 7,5 L m⁻²; I₃: aplicação combinada de esterco bovino, na dose de 3,75 L m⁻² e de húmus de minhoca na dose de 3,75 L m⁻²). A irrigação foi localizada do tipo gotejamento, suprimindo a evapotranspiração potencial da cultura. A colheita foi realizada aos 32 dias após semeadura (DAS), foram avaliadas matéria fresca dos tubérculos, matéria seca total e produtividade. Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância e de comparações de médias. A água de poço proporcionou maiores valores em produtividade, comprimento e matéria fresca do tubérculo. A água cinza proporcionou maior acúmulo de matéria seca do tubérculo.

Palavras-chave: Águas Residuárias. Esterco. Fontes hídricas. Húmus. *Raphanus Sativus* L.

1. INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro comumente sofre com escassez de água, esse recurso é limitante principalmente na segunda parte do ano que tem baixo índice pluviométrico. O reúso de “água cinza” pode ser uma opção estratégica e viável para a produção agrícola, garantindo maior oferta de água e evitando o despejo de esgoto a céu aberto.

No Nordeste, principalmente nas últimas décadas vem ganhando notoriedade e cada vez mais se incentivando e implantando sistemas de reúso de água. Mediante uma ação operacional descentralizada do Ministério do Desenvolvimento Agrário no Nordeste, associada às atuações integradas de diversas instituições públicas estatais, tais como a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE) e a Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA), idealizou-se o Projeto denominado por “Dom Helder Câmara”, que, desde 2001, desenvolve um programa de ações referenciais de combate à pobreza e apoio ao desenvolvimento rural sustentável no semiárido do Nordeste, que em meio às suas inúmeras ações, tem viabilizado a concretização de projetos de reúso de água, com a implantação de mais de 80 sistemas designados pelo nome “Bioágua Familiar” de reúso de água domiciliar para a produção de alimentos e despoluição de quintais, propagando, difundido e implantando esses modelos de produção em locais de extrema escassez de água (SANTIAGO *et al.*, 2015).

A água cinza é a água que foi usada em processos domésticos, como o banho, lavar a louça e a roupa. De acordo com Santiago *et al.*, (2015) o tratamento da água cinza passa por um processo de filtragem por mecanismo de impedimento físico e biológico dos resíduos presentes na água cinza, sendo a matéria orgânica biodegradada por uma população demicrorganismos e minhocas (*Eisenia foetida*).

Para averiguar a adequação quantitativa e qualitativa das águas cinzas produzidas pelo sistema “Bioágua Familiar” à irrigação de culturas alimentares, torna-se imprescindível à realização de pesquisas científicas, que busquem elucidar os efeitos da disposição dessa fonte hídrica no sistema solo – planta.

Santiago *et al.*, (2012) desenvolveram estudos com as culturas do tomate e da cenoura no Sertão do Apodi, Rio Grande do Norte e averiguaram que a qualidade da água cinza para fins de irrigação indicou nenhuma, ligeira ou moderada restrição considerando os padrões da Organização Mundial de Saúde (OMS) e que a qualidade microbiológica das hortaliças avaliadas estava dentro do padrão estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico do rabanete, cultivar Crimson Giant, irrigadas com água cinza e de poço, fertilizadas com esterco bovino e ou húmus de minhoca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido do dia 13 de Janeiro ao dia 14 de fevereiro de 2018, no “Bioágua Familiar” do Diocesano Hotel de Iguatu, sistema do Projeto São José (PSJ) III, no estado do Ceará. Localizado a 6° 21' 15" de latitude sul e 39° 17' 24" de longitude a oeste de Greenwich, a altitude de 113 m acima do nível do mar.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o município apresenta clima BSw'h' (semiárido quente). O solo é classificado como cambissolo eutrófico com relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006).

Foram retiradas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm em pontos aleatórios e levadas também amostras de esterco e húmus para realização de análises físicas e químicas dos mesmos, conforme pode-se observar nas tabelas a seguir.

Apresenta-se na tabela 1 os atributos e granulometria do solo da área experimental.

Tabela 1. Atributos físico-hídricos do solo da área experimental. Diocesano Hotel – Iguatu, Ceará

Profundidade(cm)	Composição granulométrica			Classe textural	Densidade		Porosidade total (%)
	Areia	Silte	Argila		Solo Partículas		
	(----- g kg ⁻¹ -----)			(-)	(---- g cm ⁻³ ----		
0 – 20	845	107	48	Franco arenoso	1,60	2,36	32,20

Fonte: Laboratório de Análises de Água, Solos e Tecidos Vegetais (LABAS) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, *Campus Iguatu*.

Na Tabela 2, apresentam-se os resultados da análise química do solo da área experimental.

Tabela 2. Análise de fertilidade do solo, Diocesano Hotel – Iguatu, Ceará

Profundidade (cm)	C (---- g kg ⁻¹ ----)	M.O (mg dm ⁻³)	P (----- mmolc dm ⁻³ -----)	K	Ca	Mg	Na	Al	H+ Al
0 – 20	8,88	15,3	13	3,27	21,5	15,5	0,21	N. D.	6,3
Profundidade (cm)	SB (mmolc dm ⁻³)	CTC	V (----- % -----)	PST	m	pH		CE (dS m ⁻¹)	
0 – 20	40,5	46,8	87	0	0	6,5		0,34	

SB: Soma de Bases; CTC: Capacidade de Troca de Cátions; PST: Percentagem de Sódio Trocável; m: Percentagem de saturação com alumínio; V: Percentagem de Saturação por Bases; N. D.: Não determinado.

Fonte: Laboratório de Solos, Águas e Tecidos Vegetais (LABSAT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, *Campus Limoeiro do Norte*.

A análise química do esterco bovino e do húmus de minhoca utilizado na presente pesquisa revelaram a composição química apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização química do esterco bovino e do húmus de minhoca utilizado no experimento

Insumos orgânicos	N	P	K	M.O.	Relação C : N
	(g kg ⁻¹)				(-)
Esterco bovino	6,62	1,38	3,70	136,55	12,00 : 1
Húmus de minhoca	10,54	3,83	6,97	302,48	16,69 : 1

Fonte: Laboratório de Solos, Águas e Tecidos Vegetais (LABSAT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, *Campus Limoeiro do Norte*.

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas (2 x 4), com quatro repetições, as parcelas constituem as fontes hídricas (A₁: água de poço e A₂: água cinza) e as subparcelas constituem diferentes adubos orgânicas, (I₀: sem a aplicação; I₁: 7,5 L m⁻² de esterco bovino; I₂: 7,5 L m⁻² de húmus de minhoca; I₃: 3,75 L m⁻² de esterco e 3,75 L m⁻² de húmus), totalizando 32 unidades experimentais. A dimensão dos canteiros foi de 0,9 m de largura e 12 m de comprimento, em cada canteiro foram colocadas três mangueiras gotejadoras.

O manejo da irrigação, baseou-se na reposição da evapotranspiração da cultura (ETc), que consiste no produto entre a evapotranspiração de referência (ET₀) e o coeficiente de cultivo (Kc) (ALVES *et al.*, 2017). Foi utilizada a metodologia de Penman-Monteith - FAO 56 (ALLEN *et al.*, 1998) para estimar a ET₀. Os coeficientes de cultivos foram obtidos por Silva *et al.* (2015), que foram de 0,45; 0,55; 0,95 e 0,65 para os estádios de estabelecimento (Fase I), crescimento vegetativo (Fase II), formação do fruto (Fase III) e maturação do fruto (Fase IV), respectivamente.

A distribuição dos insumos orgânicos foi realizada de acordo com a casualização dos tratamentos nas subparcelas, sete dias antes da semeadura, com o auxílio de uma enxada a uma profundidade média de 15 cm.

Realizou-se semeadura direta a 1 cm de profundidade com quatro sementes por cova e o desbaste foi realizado 10 dias após semeadura (DAS), ficando uma planta por cova, no espaçamento de 0,15 x 0,15 m.

O sistema de irrigação utilizado foi o sistema de irrigação localizada do tipo gotejamento, com três linhas laterais espaçadas pela distância de 0,3 m e a vazão do gotejador de 4 L h⁻¹. Sendo empregados dois sistemas independentes, para cada fonte hídricas. Adotou-se um turno de rega diário.

Foi utilizada a metodologia de Penman-Monteith-FAO56 (ALLEN *et al.*, 1998) para estimar a ET₀, conforme a equação 01.

$$ET_0 = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_{med} + 273} \cdot v_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 v_2)} \quad (1)$$

Em que,

ET₀: Evapotranspiração de referência Penman-Monteith (mm dia⁻¹);

Δ: Declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹);

R_n: Radiação líquida (MJ m⁻² dia⁻¹);

G: Densidade do fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹);

γ: Constante psicrometria (kPa °C⁻¹);

T_{med}: Temperatura média diária do ar (°C);

v₂: Velocidade do vento média diária a 2 m de altura (m s⁻¹);

e_a: Pressão parcial de vapor (kPa);

e_s: Pressão de saturação de vapor (kPa).

A evapotranspiração de referência acumulada para o período experimental (32 dias) totalizou 190 mm, sendo a ET₀ máxima de 8,7 mm dia⁻¹, a mínima de 4 mm dia⁻¹ e média geral de 5,8 mm dia⁻¹. A ETc no período foi 127 mm em que a máxima foi de 6,5 mm dia⁻¹, a mínima de 2,4 mm dia⁻¹ e média geral de 4 mm dia⁻¹. A lâmina aplicada durante todo o ciclo foi de 102 mm.

A primeira irrigação da área experimental foi realizada com base no monitoramento da umidade do solo para assegurar a elevação do conteúdo de água no solo à condição de capacidade de campo. Posteriormente, a irrigação passou a ser manejada via clima, logo no primeiro dia após a semeadura.

Para estimar a irrigação total necessária (ITN), determinou-se a uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação, a partir da metodologia de Keller e Karmeli (1975), sendo o coeficiente de uniformidade de distribuição estimado por meio da equação 2.

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \quad (2)$$

Em que,

CUD: Coeficiente de uniformidade de distribuição de água (decimal);

q25: média do menor quartil das vazões (L h⁻¹);

qm: Média das vazões (L h⁻¹).

A irrigação total necessária (ITN) foi obtida por meio da equação 03.

$$ITN = \frac{IRN}{CUD} \quad (3)$$

Em que,

ITN: Irrigação total necessária (mm);

IRN: Irrigação real necessária (mm);

CUD: Coeficiente de uniformidade de distribuição de água (decimal).

Como a pressão do sistema mantinha-se constante, era possível controlar o volume em função do tempo de aplicação. Portanto, para a irrigação dos canteiros, transformou-se a lâmina de irrigação real necessária (ITN), que correspondia a própria ETC do dia, devidamente corrigida pela uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação (CUD) em volume (L m⁻²), multiplicando-se a ITN pela área do canteiro (MENDES *et al.*, 2016).

Foram realizadas três capinas com enxadas e arranquios manuais, sendo uma com nove dias após semeadura, por ocasião do desbaste e outras duas, com frequência semanal, aos 16 e aos 23 dias após a semeadura.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade e quando houve efeito significativo dos efeitos principais ou das interações, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional para assistência estatística ASSISTAT 7.7 beta da Universidade Federal de Campina Grande (SILVA; AZEVEDO, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela de análise de variância para as variáveis estudadas com a cultura do rabanete é apresentada abaixo.

Tabela 4. Análise de variância para matéria fresca, matéria seca da parte aérea e produtividades de tubérculos de rabanete irrigado com água de poço e água cinza, cultivado com diferentes insumos orgânicos em Iguatu, Ceará, 2018

F.V.	.L.	Quadrados médios		
		Matéria fresca do tubérculo	Matéria seca da parte aérea	Produtividade de tubérculos
Fontes hídricas (F.H.)		37,33143 ^{ns}	0,69369 ^{**}	14,36949 ^{ns}
Resíduo F.H.		7,49581	0,02072	3,33147
Parcelas		-	-	-
Insumos orgânicos (I.O.)		23,74385 ^{**}	0,17005 ^{**}	10,55282 ^{**}
F.H. x I.O.		69,41368 ^{**}	1,10363 ^{**}	30,85171 ^{**}

Resíduo - I.O.	8	2,41334	0,00593	1,07260
Total	1	-	-	-
C.V. - F.H.		12,50	5,09	12,50
C.V. - I.O.		7,09	2,72	7,09

FV.: fontes de variação, G.L.: graus de liberdade, C.V.: coeficientes de variação, * significativo a 5% de probabilidade, **: significativo a 1% de probabilidade, ns: não significativo pelo teste F.

Conforme observou-se na Tabela 5 a água de reuso juntamente com a adubação de esterco ou húmus proporcionou menor quantidade de matéria fresca, exceto com ausência ou mistura dos fertilizantes. Acredita-se que isso esteja associado a mudanças no processo de liberação de nutrientes devido aos diferentes compostos, causando excesso ou falta de algum nutriente e ou alteração no PH do solo.

Tabela 5. Matéria fresca dos tubérculos de plantas de rabanete (g planta^{-1}) irrigadas com água de poço e cinza, cultivadas com diferentes insumos orgânicos no solo

trat - a	trat - b (forma de fertilização)			
Tipo de água	Ausência (I_0)	Esterco (I_1)	Húmus (I_2)	Est. + Húm. (I_3)
Poço (A1)	23.9097 aA	24.2232 aA	25.4814 aA	18.0142 bB
Reúso (A2)	24.8314 aA	18.8067 bB	17.2346 bB	22.7144 aA

Letras minúsculas representam o tipo de água e maiúsculas o tipo de fertilizante, letras minúsculas iguais não diferenciam-se estatisticamente entre si, assim como as maiúsculas iguais não diferem entre si.

Na tabela 6, os melhores resultados foram obtidos com húmus irrigado com água de poço e o tratamento sem adubação irrigado com água de reuso, observa-se uma tendência desses dois tratamentos serem maiores na Tabela 5 já mencionada.

Tabela 6. Matéria seca da parte aérea de rabanete (g planta^{-1}) irrigado com água de poço e água cinza, cultivado com diferentes insumos orgânicos no solo

trat - a	trat - b (forma de fertilização)			
Tipo de água	Ausência (I_0)	Esterco (I_1)	Húmus (I_2)	Est. + Húm. (I_3)
Poço (A1)	2.5916 bB	2.7214 aB	3.1386 aA	2.2825 bC
Reúso (A2)	3.4889 aA	2.7509 aC	2.5010 bD	3.1711 aB

Letras minúsculas representam o tipo de água e maiúsculas o tipo de fertilizante, letras minúsculas iguais não diferenciam-se estatisticamente entre si, assim como as maiúsculas iguais não diferem entre si.

Pôde-se constatar pela Tabela 7 que também para a produtividade, o uso da água de poço proporcionou menores valores para a mistura de esterco e húmus enquanto nos demais tratamentos com esse tipo de água a produtividade atingiu o melhor nível estatístico. Já com a água de reúso os melhores valores de produtividade foram sem adubação e com o uso da mistura de esterco e húmus no solo.

Tabela 7. Produtividade dos tubérculos de plantas de rabanete (Mg ha^{-1}) irrigados com água de poço e cinza, cultivado com diferentes insumos orgânicos no solo

trat - a		trat - b (forma de fertilização)		
Tipo de água	Ausência (I_0)	Esterco (I_1)	Húmus (I_2)	Est. + Húm. (I_3)
Poço (A1)	15.9398 aA	16.1488 aA	16.9876 aA	12.0095 bB
Reúso (A2)	16.5543 aA	12.5378 bB	11.4897 bB	15.1430 aA

Letras minúsculas representam o tipo de água e maiúsculas o tipo de fertilizante, letras minúsculas iguais não diferenciam-se estatisticamente entre si, assim como as maiúsculas iguais não diferem entre si.

4. CONCLUSÕES

A água cinza apresentou bons resultados com a mistura de esterco e húmus e também com a ausência de matéria orgânica. A água de poço apresentou no geral melhores resultados com o húmus e em seguida esterco e ausência de fertilização.

A água de poço proporcionou maiores valores em produtividade, comprimento e matéria fresca do tubérculo.

A água cinza proporcionou maior acúmulo de matéria seca do tubérculo.

REFERÊNCIAS

- [1]. ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- [2]. ALVES, E. S.; LIMA, D. F.; BARRETO, J. A. S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L.
- [3]. Determinação do coeficiente de cultivo para a cultura do rabanete através de lisimetria de drenagem. Irriga, Botucatu, v. 22, n. 1, p. 194-203, janeiro-março, 2017
- [4]. EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos.
- [5]. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, p. 306, 2006.
- [6]. KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975.
- [7]. MENDES, P. E. F.; BASTOS, R. G.; SOUZA, C. F. Efluente Tratado Na Agricultura: Aspectos Agronômicos E Sanitários No Cultivo Do Rabanete. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada. v. 10, nº. 1, p. 428 - 438, Fortaleza, CE, 2016. Disponível em: <http://www.inovagri.org.br>
- [8]. SANTIAGO, F, S. *et al.* Bioágua Familiar: Reuso de água cinza para produção de alimentos no Semiárido. Recife: Projeto Dom Helder Câmara, 2012.
- [9]. SANTIAGO, F. S. *et al.* Manual de implantação e manejo do sistema bioágua familiar: reuso de água cinza doméstica para a produção de alimentos na agricultura familiar do semiárido brasileiro. 1. ed. Caraúbas: ATOS, 2015. 194 f.
- [10]. SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. Afr. J. Agric. Res, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016.

Capítulo 6

Modelagem da transferência das pressões aplicadas na superfície de um Argissolo do Tabuleiros Costeiros

Davi Souza de Santana

Edson Patto Pacheco

Wellington Gonzaga do Vale

Marcos Vinicius Souza Chaves

Adilson Machado Enes

Mariana Dias Meneses

Resumo: O horizonte subsuperficial coeso dos Argissolos de Tabuleiros Costeiros, reduz a profundidade efetiva desses solos, comprometendo a produtividade e longevidade das lavouras de culturas perenes. Essa limitação pedogenética pode ser potencializada quando a pressão aplicada na superfície do horizonte Ap, durante o tráfego de máquinas agrícolas é transmitida para horizontes mais profundos, AB ou Bt, em níveis superiores a capacidade de suporte de carga dessas camadas. Objetivou-se com esta pesquisa modelar matematicamente a transferência de pressões aplicadas à superfície do horizonte Ap de um Argissolo para camadas subsuperficiais buscando relacionar a pressão aplicada com a umidade do perfil de solo. Com o experimento desenvolvido no laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Tabuleiros Costeiros, concluiu-se que a umidade apresenta efeito de amortecimento sobre a pressão transmitida de camadas superiores para subsuperfície. A pressão transmitida para subsuperfície apresenta comportamento exponencial com correlação negativa em função da profundidade, independente da pressão aplicada na superfície. O aumento da área de contato para aplicação de pressões na superfície do solo, atenua a transmissão de pressão para camadas inferiores, quando é comparado à mesma pressão aplicada em áreas menores.

Palavras Chave:

1. INTRODUÇÃO

Os solos dos Tabuleiros Costeiros que incluem os Argissolos são em geral, pobres em nutrientes e em matéria orgânica e são caracterizados pela presença de camadas adensadas (camadas coesas) localizadas quase sempre entre 20 e 60 cm de profundidade (Jacomine, 2001)

A cana-de-açúcar dos estados da Bahia, Sergipe e Alagoas está assentada predominantemente em Argissolos e Latossolos Amarelos. Assim, apesar do grande potencial dos Tabuleiros Costeiros para a exploração agrícola, relacionado à topografia favorável, à mecanização e à proximidade de grandes centros consumidores, há limitações edafoclimáticas que comprometem a produtividade da cultura. A baixa fertilidade desses solos e a má distribuição das chuvas, associada aos horizontes coesos, destacam-se dentre as principais limitações à produção de cana nos Tabuleiros Costeiros (Resende et al., 2015).

Buscar compreender como se comporta o solo em dadas situações é imprescindível para os projetos de engenharia (Schoueri, 2017). No caso do uso agrícola a afirmativa se mantém, a influência dos poros do solo, densidade, resistência a penetração e quantidade de umidade retida, influenciam diretamente na produtividade, sendo essas características modificadas maleficamente com o uso de sistemas agrícolas convencionais que vem se intensificando (Wagner, 2017).

A degradação nas propriedades físicas do solo, causado pelas operações motomecanizadas, vem sendo instrumento de pesquisa, por estar diretamente ligada aos efeitos negativos da compactação do solo e desenvolvimento da produtividade das plantas. Com a modernização da mecanização nas operações agrícolas, a introdução de máquinas mais pesadas vem intensificando o aumento da carga aplicada na superfície e subsuperfície dos solos.

A compactação e o adensamento decorridos de uma alteração dos poros do solo acarretam em uma série de problemas que afetam direta ou indiretamente a produção agrícola ao causarem restrição do crescimento e desenvolvimento radicular (Lima et al., 2015) e, conseqüentemente, pode causar alterações na capacidade de retenção de água do solo decorrentes das alterações sofridas na distribuição do diâmetro de poros. Entretanto, Cintra (1997) sugere que a camada coesa exerce ação benéfica, por se constituir, também, numa barreira física à perda de água. A citada barreira favorece o armazenamento da água no solo, amenizando o estresse hídrico da planta no início da estação seca. A esses fatores limitantes ao pleno desenvolvimento da atividade sucroalcooleira, deve ser acrescentada a impossibilidade da prática de irrigação na maior parte da área, atualmente ocupada pela cultura da cana, o que torna necessária a seleção de porta-enxertos com boa tolerância à seca.

Em contra partida de Cintra (1997), Labegalini et al. (2016) sugere que a compactação dos solos, principalmente aqueles com ocorrência de déficit hídrico são os principais limitantes do teto produtivo.

Na indústria sucroalcooleira a entrada de maquinário tem necessidade indiscutível, pois, o ciclo de produção dos canavieiros exige uma alta atividade dos mesmos nas lavouras. Por haver sucessão dos ciclos rapidamente não é realizada análise do conteúdo de água do solo prévia à entrada de máquinas, uma vez que em condições de friabilidade este apresenta maior suporte a carga, podendo preservar a estrutura dos solos (Oswaldo Filho et al., 2015).

Objetivou-se com este trabalho desenvolver e avaliar a eficiência de um método laboratorial para estimar a transferência de pressões aplicadas na superfície do solo para camadas subsuperficiais.

2. MÉTODOS

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro repetições, no esquema fatorial 5x3x6, totalizando 90 tratamentos e 4 repetições sendo realizado 360 ensaios, foram realizados dois ensaios, com 2 duas áreas diferentes, totalizando 720 ensaios, sendo consideradas cinco espessuras do horizonte Ap: 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 e 0,25 m, três níveis de umidades do solo com base na capacidade de campo (θ_{cc}): solo seco, 25% da θ_{cc} e 50% da θ_{cc} e seis níveis de pressão aplicadas no topo do corpo de prova: 25, 50, 100, 150, 200 e 250 kPa.

As cinco espessuras do horizonte Ap (EHAp) foram obtidas por meio da contenção de uma massa de solo, em cilindros de PVC com diâmetro de 0,10 m e com alturas variadas, conforme especificado anteriormente (Figura 1). A massa de solo foi calculada conforme o volume de solo necessário, para obter uma densidade do solo de $1,42 \text{ mg}\cdot\text{ton}^{-3}$, avaliada por meio de amostras indeformadas coletados com trado de Huland.

Figura 1. Cilindros de PVC utilizados no ensaio.



Para os três níveis de umidade do solo (θ) foram considerados solo seco a sombra e adição de água ao solo seco para obtenção das umidades volumétricas de 25% e 50% da θ_{cc} .

Os seis níveis de pressão na superfície (PS) foram obtidos por meio de uma prensa mecânica de acionamento manual (Figura 2). Dois discos de metal de 0,051 e 0,091 m de diâmetro e 20,43 e 65,04 cm^2 de área os quais foram posicionados no topo do corpo de prova e sobre ele aplicada cargas que corresponderam aos seis níveis de pressão preestabelecidos de 25, 50, 100, 150, 200 e 250 kPa, respectivamente. A manivela da prensa foi acionada até que o micrômetro digital atingisse a medida da deformação do anel dinamométrico da prensa, indicasse a leitura correspondente à carga desejada no ensaio em questão.

Figura 2. Prensa de ativação manual.



A leitura da força transmitida até a base do corpo de prova foi medida por meio de uma célula de carga com capacidade de 20 kgf, que conectada ao “datalogger” do penetrógrafo de bancada da marca Marconi que registrou a força em kgf transmitida a cada segundo. Utilizando software específico, os dados de força foram registrados em um arquivo ‘.txt’, do qual foi selecionado o maior valor registrado. Esse valor foi utilizado para calcular a pressão transmitida do topo para a base do corpo de prova, conforme equação a seguir:

$$PTPS = \left(\frac{FMS}{6,16}\right) * 98,0665 \quad (1)$$

onde, PTPS é a pressão transmitida para subsuperfície (kPa); FMS é a força máxima na subsuperfície (kgf); 6,16 = área de contato da célula de carga com a subsuperfície (cm²); 98,0665 é a transformação de kgf.cm⁻² para kPa.

Após a determinação das PTPS para cada ensaio, foi elaborado um modelo, por meio de regressão, para estimativa da PTPS em função da espessura do horizonte Ap (EHAp), θ e PS. O modelo buscou adequar os pontos à Equação 2 estimando as constantes ‘a’ e ‘b’ do mesmo.

$$y = a. e^{-bx} \quad (2)$$

onde, y é o eixo das abcissas, representando os valores de média das pressões transferidas em kPa; x é o eixo das ordenadas representando os valores de profundidade da camada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os valores de carga aplicados e as leituras obtidas no micrometro buscando obter as pressões preestabelecidas para a área de 20,43 cm². De maneira similar a Tabela similar faz para a área de 65,04 cm².

Tabela 1. Obtenção das pressões aplicadas com a menor área de contato.

kPa	kgf/cm ²	cm ²	kg	Leitura (mm)
25	0,2549	20,43	5,2082	0,02
50	0,5099	20,43	10,4165	0,05
100	1,0197	20,43	20,8329	0,10
150	1,5296	20,43	31,2494	0,15
200	2,0394	20,43	41,6658	0,20
250	2,5493	20,43	52,0823	0,25

Tabela 2. Obtenção das pressões aplicadas com a maior área de contato.

kPa	kgf/cm ²	cm ²	kg	Leitura (mm)
25	0,2549	65,04	16,5806	0,08
50	0,5099	65,04	33,1613	0,16
100	1,0197	65,04	66,3226	0,32
150	1,5296	65,04	99,4839	0,48
200	2,0394	65,04	132,6452	0,65
250	2,5493	65,04	165,8065	0,81

Após estabelecidas as cargas a serem aplicadas para obter-se a pressão desejada, o experimento prosseguiu aplicando as cargas por meio dos discos de área de contato 20,43 e 65,04cm², como ilustrado na Figura 3.

Figura 3. Imagem anterior ao experimento com área de contato de 20,43cm².

Os gráficos das Figuras 4, 5 e 6 foram traçados após as 4 repetições haverem sido executadas com o disco de 20,43 cm², cada ponto representa uma média das destas. A curva característica de cada uma das tensões para o delineamento de cada umidade foi obtida por regressão adequada a Equação 2.

As equações de regressão foram obtidas por meio do software Excel, considerando os três níveis de umidade e seis níveis de pressão aplicadas no topo do corpo de prova (PS), simulando pressões aplicadas na superfície do solo durante o tráfego de máquinas agrícolas. Para os ensaios realizados com pressão aplicada com o disco de menor área (Figuras 4, 5 e 6), pode-se observar um comportamento distinto quando as pressões foram aplicadas ao solo com umidade de 50 % CC (Figura 6), sendo que, para a profundidade de 15 cm a PSS não atingiu 100 kPa, mesmo para uma pressão de 250 kPa aplicada na superfície do corpo de prova. A explicação para esse comportamento é o menor atrito entre as partículas do solo proporcionado pela água, fazendo que o corpo de prova apresente uma maior deformação durante a aplicação da pressão na sua superfície, funcionando como um amortecedor, conseqüentemente, diminuindo as pressões transmitidas para camadas mais profundas. Isso pode ser comprovado por meio da diminuição do coeficiente "b" das equações de regressão, chegando a -0,088 para a curva referente à PS de 150 kPa, para umidade do solo de 50% CC (Tabela 3).

Figura 4. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 0% da capacidade de campo.

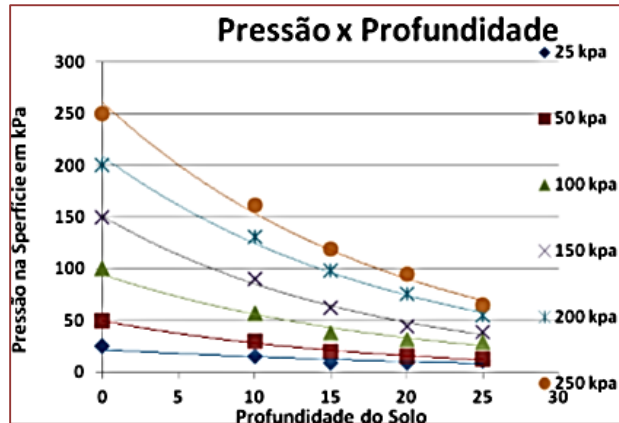


Figura 5. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 25% da capacidade de campo.

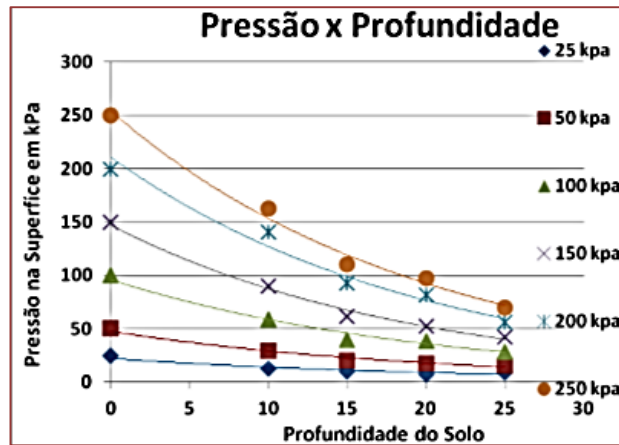


Figura 6. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 50% da capacidade de campo.

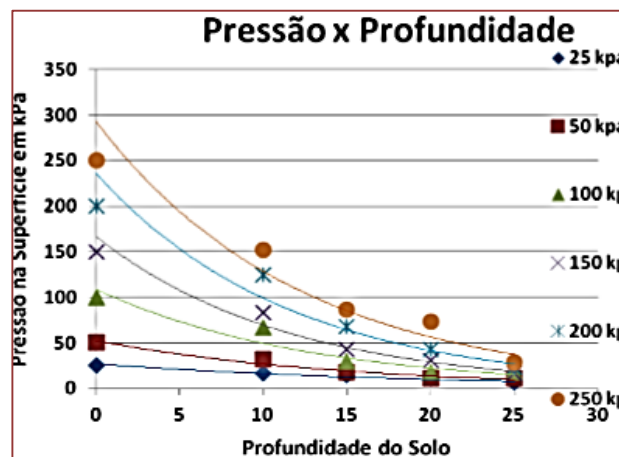


Tabela 3. Coeficientes de regressão para Pressão transmitida a subsuperfície em função da profundidade para as 3 umidades com o disco de 20,43 cm²

Umidade (%CC)	Pressão (kPa)	Coeficientes de Regressão		R ²
		a	b	
0%	25	21,879	-0,038	0,7339
	50	49,734	-0,057	0,9889
	100	94,503	-0,052	0,9656
	150	150,930	-0,057	0,9879
	200	208,870	-0,052	0,9920
	250	261,270	-0,053	0,9893
25%	25	21,853	-0,046	0,8490
	50	47,411	-0,049	0,9698
	100	95,856	-0,049	0,9660
	150	147,250	-0,052	0,9873
	200	210,990	-0,051	0,9733
	250	254,430	-0,051	0,9864
50%	25	26,952	-0,051	0,9533
	50	53,533	-0,067	0,9598
	100	108,900	-0,079	0,9295
	150	166,940	-0,088	0,9790
	200	236,180	-0,087	0,9627
	250	292,980	-0,082	0,9268

Comparando as duas áreas de contato observa-se que o aumento da área de contato para aplicação da pressão na superfície, resultou em uma diminuição das pressões transmitidas para as camadas inferiores. Logo como observado por Oswaldo Filho et al. (2015), a água ainda teve um papel de lubrificante entre as partículas do solo, funcionando como um amortecedor das pressões aplicadas na superfície. Para os corpos de prova com teor de água de 50% CC, a pressão transmitida para subsuperfície não atinge 50 kPa mesmo para a pressão de 250 kPa aplicada na superfície (Figura 9), valor que é ultrapassado na profundidade de 15 cm quando a pressão era aplicada no solo com umidade de 0 e 25% CC, conforme pode ser observado nas Figuras 7 e 8. O teor de água teve importância na atenuação das pressões transferidas, no entanto, o aumento da área de contato foi mais expressivo, para pressões constante, reduzindo a PSS de aproximadamente 100 kPa (Figuras 4, 5 e 6) para 50 kPa (Figuras 7, 8 e 9) na profundidade de 15 cm, quando a pressão aplicada no topo dos corpos de prova era de 250 kPa. Isso pode ser comprovado observando que os valores do coeficiente "b", das equações de regressão obtidas nos ensaios com o disco de área maior (Tabela 4), são menores do que os das equações obtidas por meio dos ensaios com o disco de área menor (Tabela 3), o que confere uma maior inclinação das curvas, principalmente para as camadas menos espessas, o que significa atenuação das pressões transmitidas.

Figura 7. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 0% da capacidade de campo.

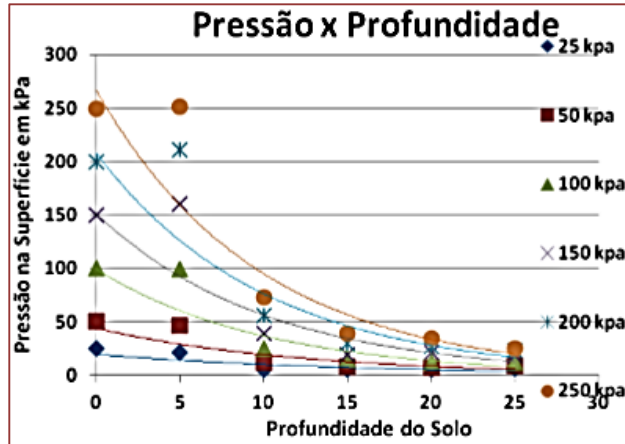


Figura 8. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 25% da capacidade de campo.

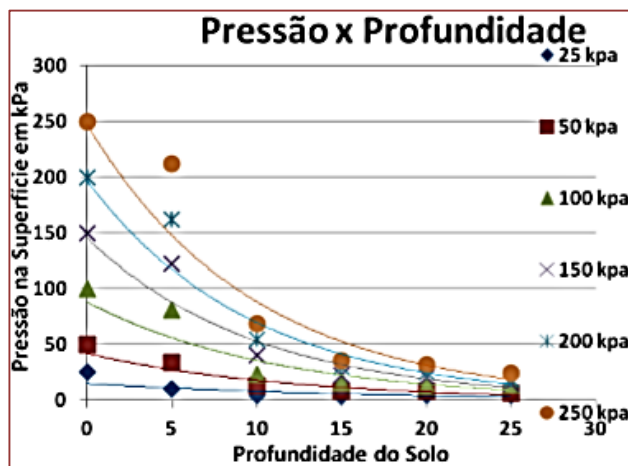
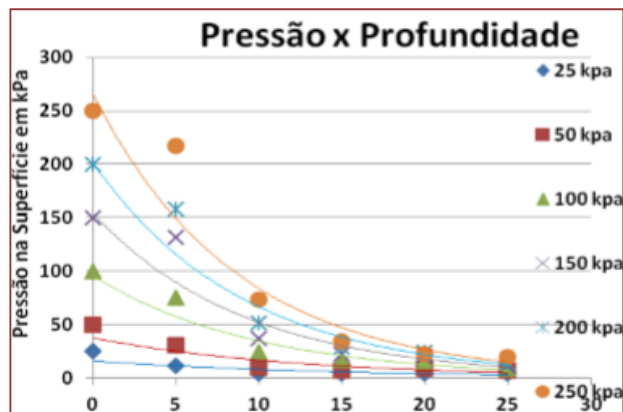


Figura 9. Curvas de regressão para pressão transmitida em função da profundidade para o solo com 50% da capacidade de campo.



Diferente de Gubiani et al. (2017), que propôs uma abordagem alternativa, este trabalho adaptou de maneira simples os resultados, tendo boa correlação dos dados de transmissão e umidade por uma regressão a uma curva exponencial. Em um trabalho para área de laranjeiros que não tem ação de maquinário tão intensa como as lavouras de cana-de-açúcar, Fidalski et al. (2015) concluiu que a pressão não teve dependência com teor de água, densidade do solo e teor de carbono quando o mesmo avaliou pressão de consolidação. Porém, estando de acordo com o presente experimento, Santos (2017), em Santa Maria avaliou o suporte de carga relacionando com atributos físicos e químicos, sendo que para sua pesquisa os fatores: fração de argila e potencial matricial de água (umidade do solo); interferiram na capacidade de suporte de carga dos solos estudados em sua pesquisa.

Com o aumento da área de contato a pressão que chega aos horizontes subsuperficiais é menor, devido à melhor distribuição das forças. Segundo Fernandes et al. (2013), a diminuição do prejuízo de compactação é efetivamente obtida quando se reduz a pressão aplicada por unidade de área e eleva-se a área de contato por meio da utilização de esteiras ou de pneus mais largos com menor pressão de inflação. Um exemplo são os pneus radiais de baixa pressão e alta flutuação destinados aos veículos de transporte de cana-de-açúcar e carretas agrícolas que tem como características maior capacidade de carga com baixas pressões de calibragem, possibilitando o transporte de cargas pesadas em baixas pressões do pneu sobre o solo.

Tabela 4. Coeficientes de regressão para Pressão transmitida a subsuperfície em função da profundidade para as 3 umidades com o disco de 20,43 cm².

Umidade (%CC)	Pressão (kPa)	Coeficientes de Regressão		R ²
		a	b	
0%	25	19,549	-0,066	0,6414
	50	44,038	-0,083	0,7543
	100	99,291	-0,099	0,8584
	150	151,27	-0,099	0,8315
	200	207,96	-0,1	0,8674
	250	266,81	-0,103	0,9093
25%	25	15,06	-0,062	0,6338
	50	42,042	-0,085	0,8937
	100	88,143	-0,09	0,8503
	150	145,55	-0,101	0,6244
	200	197,02	-0,104	0,9373
	250	247,49	-0,103	0,9206
50%	25		-0,069	0,7038
	50	37,418	-0,082	0,8059
	100	95,444	-0,102	0,9456
	150	153,74	-0,109	0,9314
	200	201,34	-0,111	0,9534
	250	265,39	-0,115	0,9376

4. CONCLUSÕES

O aumento da umidade do solo apresenta efeito de amortecimento sobre a pressão transmitida de camadas superiores para subsuperfície. A pressão transmitida para subsuperfície apresenta comportamento exponencial com correlação negativa em função da profundidade, independente da pressão aplicada na superfície. O aumento da área de contato para aplicação de pressões na superfície do solo, atenua a transmissão de pressão para camadas inferiores, quando é comparado à mesma pressão aplicada em áreas menores.

REFERÊNCIAS

- [1]. CINTRA, F.L.D. Disponibilidade de água no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de Tabuleiro Costeiro. Tese Doutorado 90p. ESALQ/USP. Piracicaba, 1997.
- [2]. FIDALSKI, J., CAVALIERI-POLIZELI, K. M. V., TORMENA, C. A., ANGHINONI, G., AULER, P. A. M. Capacidade de Suporte de Carga do Solo em Sistemas de Produção de Laranja Conservacionistas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 39(3), 880-885, 2015.
- [3]. GUBIANI, P. I., REINERT, D. J., REICHERT, J. M., GOULART, R. Z., FONTANELA, E. Excel add-in to model the soil compression curve. Engenharia Agrícola, 37(3), 603-610, 2017.
- [4]. JACOMINE, P. K. T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: CINTRA, F. L. D., ANJOS, J. L.; IVO, W. M. P. M. Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros, 2001, Aracaju. Anais. Aracaju: EMBRAPA-CPATC. p.19-46, 2001.
- [5]. LABEGALINI, N. S.; DAMIÃO, F. N.; ANDRADE, L. Desenvolvimento da cultura do milho sob efeitos de diferentes profundidades de compactação do solo. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 3, n. 4, p. 7-11, 2016.
- [7]. LIMA, L. B., PETTER, F. A., LEANDRO, W. M. Desempenho de plantas de cobertura sob níveis de compactação em Latossolo Vermelho de Cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19(11), 1064-1071, 2015.
- [8]. OSWALDO FILHO, J. V., SOUZA, Z. M., SILVA, R. B., LIMA, C. C., PEREIRA, D. M. G., LIMA, M. E., SOUSA, A. C. M., SOUZA, G. S. Capacidade de suporte de carga de Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e efeitos da mecanização no solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 50(4), 322-332, 2015.
- [9]. PEREIRA, T. S. Uso de inteligência artificial para estimativa da capacidade de suporte de carga do solo. Dissertação de tese 179 p. (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.
- [10]. REZENDE, J.O., SHIBATA, R. T., SOUZA, L. S. Justificativa e recomendações técnicas para o "plantio direto" dos citros nos Tabuleiros Costeiros; Ênfase na citricultura dos Estados da Bahia e Sergipe. 1. ed. Cruz das Almas, Bahia: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, v. 1. 240p., 2015.
- [11]. SANTOS, T. F. Relação entre atributos físicos, químicos, mineralógicos e capacidade de suporte de carga de solos do Rio Grande do Sul. Dissertação de tese 66 f. (Mestrado em ciência do solo). Universidade federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.
- [12]. SCHOUERI, A. C. Análise da capacidade de carga de fundação profunda com o uso do pressiômetro no solo do DF. Monografia, 53 p. (Bacharelado em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- [13]. WAGNER, W. A. Efeito da compactação do solo na produtividade da cultura da soja (*Glycine max L.*), 50. Tese de dissertação (Mestrado profissional em Agricultura de Precisão) Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Brasil, 2017.

Capítulo 7

Produção de biomassa e atributos químicos de um neossolo cultivado com capim mombaça fertirrigado com água residuária da suinocultura

Giovanni de Oliveira Garcia

Emanuel Maretto Effgen

Edvaldo Fialho dos Reis

Karen Andreon Viçosi

Resumo: A água residuária de suinocultura possui em sua composição, constituintes minerais de interesse agrônomo que proporcionam ganho em produtividade da cultura e contribuem para a ciclagem de nutrientes no solo. Neste sentido, objetivou-se com a realização do presente trabalho avaliar o a resposta de diferentes atributos químicos no perfil de um Neossolo Flúvico, cultivado com capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) decorrentes da aplicação de doses crescentes de água residuária da suinocultura. O experimento foi realizado adotando o esquema fatorial 1+4x4 em parcelas subdivididas com três repetições. As parcelas foram compostas uma testemunha que recebeu adubação mineral e pela aplicação de quatro lâminas de água residuária da suinocultura correspondentes 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ano⁻¹ de potássio definidas a partir da recomendação agrônomo da cultura, dividida em quatro aplicações. As subparcelas foram compostas por quatro profundidades do solo, sendo: 0 -10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm. Observou-se, por meio dos resultados obtidos, que a maior produção de biomassa no capim Mombaça se deu na aplicação de água residuária de suinocultura na dose 50% da recomendação agrônomo de potássio, com redução da massa seca com o aumento da dose aplicada. Por sua vez, o uso da água residuária da suinocultura no perfil do solo em estudo proporcionou acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais do solo estudado. Por sua vez, o uso de lâminas com maiores concentrações de potássio no efluente, em um curto intervalo de tempo, não refletiu em maiores teores de nutrientes no solo.

Palavras Chave: Ciclagem de nutrientes; aproveitamento agrícola de efluentes, pastagens.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Embrapa, em 2020, o Brasil produziu cerca de 4,436 milhões de toneladas de carne de suínos, sendo o 4º produtor mundial. O maior Estado produtor é Santa Catarina, com 1,199 milhões de toneladas, com 27,1% da produção nacional. O Espírito Santo se coloca em nona colocação, com 26 mil toneladas (Embrapa, 2021).

A industrialização e tecnificação do processo produtivo da suinocultura, aliados com a ampliação da escala de produção, teve como efeito colateral a grande produção de dejetos produzidos (Homen et al., 2014). Os dejetos produzidos pelos animais, junto com a água utilizada para limpeza das baias, geram uma água residuária com alto potencial poluidor, entretanto, que também possui grande potencial fertilizante após sua estabilização (Da Ros et al., 2017), denominado água residuária de suinocultura (ARS). Estima-se que, em média, um suíno é capaz de produzir de 7 a 8 litros de ARS por dia, ou, 0,21 a 0,24 m³ de ARS por mês (Neto et al., 2016).

Uma alternativa adotada para os efluentes é a disposição no solo, como fonte de adubação para culturas anuais ou perenes, visto que a sua composição química é rica em nutrientes tais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, micronutrientes e matéria orgânica. Esta utilização dos efluentes de suínos em lavouras na forma de adubos é uma prática rotineira e, às vezes, a única fonte de nutrientes às culturas comerciais, sendo uma forma de amenizar os custos de produção.

Segundo Andrade et al. (2014), a aplicação de ARS em pastagens através da fertirrigação é uma opção viável pois ao mesmo tempo em que soluciona um problema ambiental, é capaz de aumentar a produtividade do sistema de produção bovina. Desse modo, a ARS pode ser usado como uma alternativa a adubação mineral no capim, de modo a contribuir com o aumento da produção animal, devido a melhoria tanto das características produtivas como nutritivas (Silva et al., 2019). Atualmente, tem sido estudado a fertirrigação com água residuária de suinocultura em várias gramíneas, com resultados positivos, dentre elas o milho (Alves et al., 2021; Lima et al., 2019), capim Marandu, Pitã e Xaraés (Silva et al., 2019) e Tifton 85 (Rezende et al., 2018).

Entretanto, a água residuária da suinocultura, apesar de ter vários elementos presentes, muitos podem se encontrar em proporções desequilibradas em relação à capacidade de absorção das plantas e do solo, podendo causar em desequilíbrios químicos, físicos e biológicos do solo, quando aplicado de forma indiscriminada (Prior et al., 2015). Um desses elementos que pode causar sérios danos ao meio ambiente é o potássio (K⁺). Por ser monovalente, o K tem baixa retenção nos colóides do solo, podendo ser lixiviado das camadas superficiais para as camadas mais profundas (Rezende et al., 2018).

Desta forma, levando-se em consideração o pressuposto de que a aplicação contínua de ARS proporciona alterações nos teores dos atributos químicos no solo, podendo gerar aumento da concentração deste nutriente no perfil do solo, bem como aumentar a produção de forragem, objetivou-se com a realização deste trabalho avaliar o comportamento do K no perfil de um Neossolo Flúvico, na planta e na produção de capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) decorrentes da aplicação de doses crescentes de ARS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCAL

O presente trabalho foi desenvolvido em uma propriedade rural particular localizada no Distrito Sede do município de Jerônimo Monteiro – ES, com área total de 9,5 hectares e altitude em torno de 100 m. O clima da região, segundo Köppen, como sendo do tipo Aw, com estação seca no inverno e verão quente e chuvoso.

Na propriedade rural em estudo, são desenvolvidas duas atividades agropecuárias, sendo a suinocultura e pecuária leiteira. A pecuária leiteira é realizada em um sistema intensivo, irrigado, com pastejo rotacionado em 26 piquetes de 410 m² cada, onde são mantidas 12 vacas com produção média anual de 130 litros de leite por dia. A propriedade também possui outros quatro piquetes destinados a pastos que são ocupados por animais fora de lactação e bezerras.

A atividade de suinocultura conta com, em média, 200 animais criados em sistema de ciclo completo. São gerados cerca de 1000 litros por dia de resíduos líquidos, denominado água residuária da suinocultura (ARS). Esses resíduos passam por um sistema de tratamento preliminar, constituído de gradeamento para retirada dos sólidos grosseiros, sendo destinado em seguida para um tanque de decantação de dimensões 2,0x2,5x2,5 m, no qual posteriormente é bombeado para um reservatório impermeabilizado de 90 m³. A

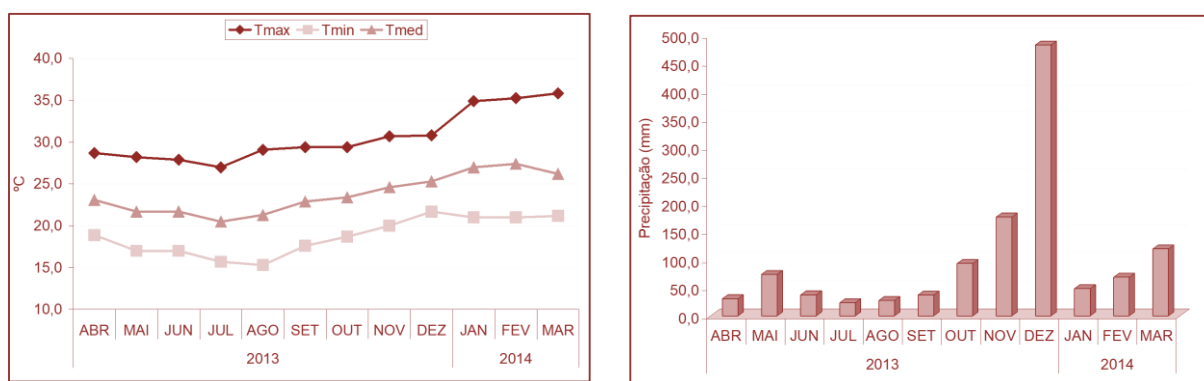
cada três meses, a ARS armazenada no reservatório é bombeada e distribuída manualmente nos piquetes promovendo a fertirrigação das pastagens que aportam o volumoso para a pecuária leiteira.

2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E APLICAÇÃO DOS TRATAMENTOS

O experimento foi realizado entre o período de maio de 2013 a março de 2014, totalizando 270 dias. Foram selecionados 15 piquetes para a implantação do experimento, localizados numa área plana, onde é cultivado o Capim Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) em um solo classificado como Neossolo Fulvico, nos quais é adotado o sistema de pastejo rotacionado.

Durante o período experimental foram coletadas as informações de pluviosidade média, temperaturas máxima, mínima e média obtidas na Estação Meteorológica automática do INMET para a região onde foi realizado o estudo, conforme Figura 1.

Figura 1 - Temperaturas Máxima, Mínima, Média e Precipitação para a região onde foi realizado o experimento verificados no período de abril de 2013 a março de 2014.



O delineamento experimental adotado para avaliar os atributos químicos do solo em diferentes profundidades no solo em cada piquete foi o esquema fatorial 1+4 4 em parcelas subdivididas com três repetições. As parcelas foram compostas por uma testemunha que recebeu adubação mineral e pela aplicação de quatro laminas de ARS equivalentes a 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de potássio para o capim Mombaça à partir da recomendação agrônômica, dividida em quatro aplicações ao longo do período experimental. As sub-parcelas foram compostas por quatro profundidades do solo, sendo: 10, 20, 40 e 60 centímetros.

Objetivando estabelecer os cálculos agrônômicos e definição das doses de aplicações de efluentes correspondentes aos tratamentos a serem aplicados, foi realizado previamente a caracterização dos atributos químicos do solo em estudo. O solo, após amostrado, foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de dois milímetros e encaminhado ao laboratório (Tabela 1) para análise química de rotina conforme metodologia preconizada por Silva (2009).

Tabela 1. Atributos químicos do Neossolo Flúvico utilizados para os cálculos de fertirrigação da pastagem de capim Mombaça, cultivada em um Neossolo Flúvico no município de Jerônimo Monteiro – ES

pH	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	T	S.B.	V
	-----mg dm ⁻³ -----			-----cmol _c dm ⁻³ -----					%
6,1	45,7	60,2	6	4,0	0,65	1,53	6,33	4,8	71

Extração e determinação: pH em água (1:2,5); P: Mehlich-1 e colorimetria; K: Mehlich⁻¹ e espectrofotometria de chama; Ca e Mg: KCl (1 mol L⁻¹) e espectrometria de absorção atômica; Al: KCl (1 mol L⁻¹) e titulometria; H + Al: acetato de cálcio (0,5 mol L⁻¹).

Antes de cada aplicação da ARS, foi coletado um volume de um litro de ARS diretamente no tanque denominado esterqueira a qual foi encaminhado ao laboratório para caracterização química conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização química ARS utilizada no experimento com capim Mombaça, cultivado em um Neossolo Flúvico no município de Jerônimo Monteiro – ES

Caracterização da ARS	Unidade	Aplicações (dias)			
		1 ^a (1)	2 ^a (120)	3 ^a (200)	4 ^a (260)
Mês/ano de aplicação		Jun/2013	Out/2013	Jan/2014	Mar/2014
Condutividade Elétrica	dS m ⁻¹	5,19	6,04	2,74	3,42
pH	-	8,1	7,9	7,4	7,5
Razão de Adsorção de Sódio	cmol _c L ⁻¹	6,37	4,80	2,22	4,82
Ferro Total	mg L ⁻¹	0,60	0,57	0,49	0,48
Sódio	mg L ⁻¹	10,40	10,40	4,00	9,60
Cloro	mg L ⁻¹	0,20	0,40	0,40	0,50
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg L ⁻¹	1,73	14,06	8,52	0,98
Potássio	mg L ⁻¹	450,0	430,0	190,0	350,0
Cálcio	mg L ⁻¹	4,05	4,74	3,73	3,85
Magnésio	mg L ⁻¹	1,28	4,64	2,76	4,08
Boro	mg L ⁻¹	0,53	1,56	1,83	0,07
Manganês	mg L ⁻¹	0,30	0,31	0,25	0,41
Zinco	mg L ⁻¹	0,19	0,27	0,25	0,24
Cobre	mg L ⁻¹	0,13	0,23	0,20	0,11
Alumínio	mg L ⁻¹	0,002	0,078	0,015	0,050
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg L ⁻¹	3,20	4,80	3,30	1,50

De posse da caracterização química do solo e dos teores dos macronutrientes na ARS, definiram-se as dosagens correspondentes aos níveis a serem aplicados tomando como base a recomendação agrônômica do potássio pelo fato de ser o nutriente de maior concentração na análise da ARS. Definiu-se pela recomendação anual de potássio de 200 kg ha⁻¹ para o Capim Mombaça conforme proposto por (Prezzoti, 2013) para piquete rotacionado sendo esta dose dividida em quatro aplicações. Após definida a recomendação anual de potássio para o atendimento da demanda nutricional da cultura, estabeleceu-se pela aplicação de doses de 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de K₂O.

Conhecido volume de ARS necessário para a aplicação das doses e considerando o tamanho dos piquetes selecionados, efetuou-se o ajuste para a vazão do equipamento de irrigação e assim obteve-se o tempo necessário para aplicar o volume de ARS compreendido para cada uma das doses se ARS previstas neste trabalho.

Na Tabela 3, são apresentados os volumes de ARS aplicados para cada tratamento, em metros cúbicos por piquete.

Tabela 3. Volumes de ARS de acordo com os tratamentos utilizados na fertirrigação da pastagem de capim Mombaça, cultivado em um Neossolo Flúvico no município de Jerônimo Monteiro – ES.

Tratamento	Unidade	Aplicações (dias)			
		1ª (1)	2ª (120)	3ª (200)	4ª (260)
Adubação Mineral	m ³ /piquete	0	0	0	0
50%	m ³ /piquete	4,55	4,75	10,80	5,85
100%	m ³ /piquete	9,10	9,50	21,60	11,70
150%	m ³ /piquete	13,65	14,25	32,40	17,55
200%	m ³ /piquete	18,20	19,00	43,20	23,40

2.3. AVALIAÇÃO DA BIOMASSA E DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Para avaliar a produção de biomassa em cada unidade experimental foi realizada a coleta da massa verde com auxílio de uma tesoura utilizando um gabarito de 1,0 m², distribuído de forma aleatória por dentro de cada piquete. O corte do capim Mombaça foi realizado respeitando à altura de pastejo adotado pelo proprietário rural, de cerca de 30 centímetros de altura em relação ao solo. Estas amostras foram obtidas após decorridos 10 dias da aplicação da ARS anteriormente ao retorno nos animais à área experimental.

Para a obtenção da massa seca, a massa foliar colhida foi acondicionada em sacola de papel e colocadas em estufa de circulação forçada a ± 72 °C até se obter massa constante. Posteriormente, o material foi pesado em balança de precisão para obtenção do peso da matéria seca.

Para avaliar os atributos químicos do solo em decorrência da aplicação de diferentes lâminas de ARS foram realizadas amostragens de solo nos 15 piquetes em estudo. As amostragens foram feitas sempre dez dias após a aplicação das lâminas de ARS nos piquetes correspondentes a cada tratamento. Em cada piquete foi retirada uma amostra composta oriunda de cinco amostras simples (diferentes pontos) com auxílio de uma sonda de 1,30 metros e diâmetro de 50 milímetros, nas profundidades de 0–10; 10–20; 20–40 e 40–60 cm.

Ao final deste procedimento as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2,0 mm as quais foram encaminhadas ao laboratório para determinação de análise de rotina seguindo a metodologia preconizada pela Embrapa (2009).

De posse dos resultados obtidos, foi realizada uma estatística descritiva verificando a variação, com a profundidade, dos atributos químicos estudados dentro de dose de potássio aplicada por meio da ARS.

2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

De posse dos resultados obtidos, a análise estatística foi realizada por meio de análise de variância adotando 5% significância F, sendo realizado contraste entre os valores médios obtidos para adubação mineral e a ARS ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. Em relação aos atributos químicos do solo foi realizada uma estatística descritiva verificando a variação, com a profundidade, dos atributos químicos estudados dentro de dose de potássio aplicada por meio da ARS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. BIOMASSA DO CAPIM MONBAÇA

A análise de variância da massa seca do capim Mombaça apresentou significância ao nível de 5% de probabilidade, e dessa forma procedeu-se a análise de teste de médias para a interação entre os tratamentos (adubação mineral e ARS), cujo resultados estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Médias da massa seca, produção, teor de K na planta e K extraído pelo *Panicum maximum* cv Mombaça, decorrentes da aplicação da água residuária de suinocultura (ARS), em Neossolo fúlvico cultivado no município de Jerônimo Monteiro – ES.

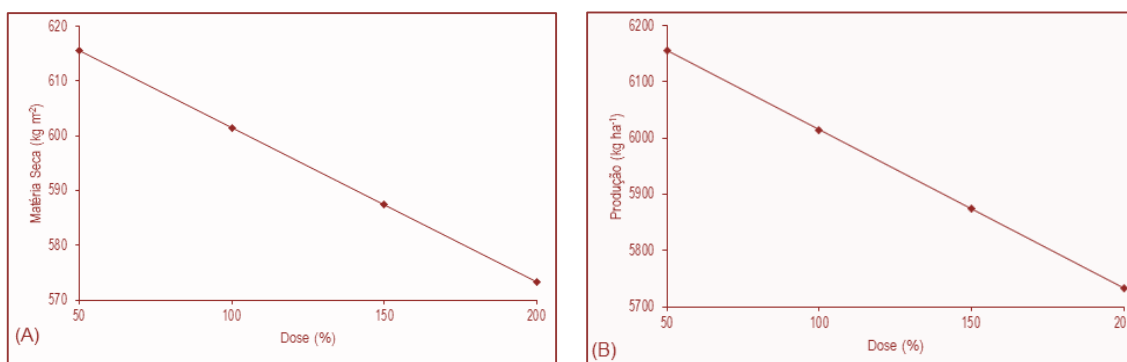
Massa Seca (g m ⁻²)	
Adubação mineral	Adubação com ARS
508,33 b	614,7 a
Produção (kg ha ⁻¹)	
Adubação mineral	Adubação com ARS
5083,3 b	6147,5 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey ao nível.

É possível observar um aumento da 20,9% da matéria seca com a adubação com água residuária da suinocultura, e consequentemente aumento da produtividade, em comparação com a adubação mineral. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2015), que afirmam que o uso de dejetos suínos como fertilizante em *Brachiaria decumbens* promoveu aumentos de até 60% quando comparado à adubação mineral. Os mesmos autores observaram que, o nível de K nas plantas não diferiram estatisticamente entre os tratamentos que receberam adubação mineral ou ARS. Entretanto, Pinto et al. (2014) observaram, em milho, que a aplicação de 80 m³ ha⁻¹ proporcionou produtividade igual à da adubação mineral recomendada para a cultura.

Na Figura 3 são apresentados os ajustes obtidos para a massa seca e produção de biomassa do capim Mombaça, decorrentes do aumento das doses de ARS aplicadas.

Figura 3. Massa seca (A), produção (B) de *Panicum maximum* cv Mombaça, obtidos a partir do ajuste de regressão em decorrência das doses de 50, 100, 150 e 200 % da recomendação agrônômica de Potássio, fornecidos por aplicação de ARS em um Neossolo fúlvico, cultivado no município de Jerônimo Monteiro – ES.



Percebe-se pela Figura 3A e 3B que a quantidade de massa seca e produção do capim Mombaça apresentou ajuste linear inverso ao acréscimo da dose de ARS aplicada, assim, quanto maior a dose de dejetos aplicados, menor foi a quantidade de forragem produzida. Dessa forma, a maior massa seca e produção foi obtida com a dose de 50% da recomendação agrônômica de potássio, fornecidos por meio de aplicação de ARS, enquanto a produção na dose de 200% foi semelhante àquela obtida com a adubação mineral.

Os resultados encontrados neste trabalho para produção e massa seca diferem de Rezende et al. (2018), que observaram que a aplicação de diferentes doses de ARS proporcionou um aumento linear em todos os componentes da produção de gramíneas Tifton 85, dentre eles a produção em massa de matéria seca, densidade, altura e taxa de acúmulo de massa de matéria seca por dia. Silva et al. (2019) encontram um aumento linear altura de planta, número de folhas, número de perfilhos e produção de massa seca, com a aplicação de doses crescentes de ARS, em capim Marandu, Xaraés and Piatã. Em outras gramíneas, como aveia e milho, as aplicações de dejetos de suínos incrementaram a produção de matéria seca e a produtividade das culturas (Pinto et al., 2014). Para os teores de K na planta, Camargo et al. (2011)

observaram que a concentração de K na MS foi maior no primeiro corte, quando comparado ao segundo e terceiro cortes, nos quais a concentrações foram similares, em capim Tifton 85.

A plotagem dos dados por meio da estatística descritiva permite verificar que houve variação com a profundidade dos atributos químicos do Neossolo Fúlvico cultivado com capim Mombaça do presente experimento. Observa-se nas Figuras 1 e 2, dentro de cada dose de potássio aplicada por meio da ARS, o maior teor de nutrientes encontra-se na camada superficial do solo com conseqüente diminuição com a profundidade. Este resultado demonstra que a aplicação da ARS proporcionou um maior acúmulo de nutrientes próximo à região das raízes. Por sua vez, a diminuição da disponibilidade dos nutrientes com a profundidade é esperada, visto que em solos com baixa fertilidade, como a classe dos Neossolos (Embrapa 1999), o processo de lixiviação tem papel significativo na movimentação dos nutrientes no perfil do solo.

Figura 1 – Teores médios de fósforo, enxofre, potássio, cálcio, magnésio e valores do pH no solo em estudo nas profundidades de 10, 20 40 e 60 cm em diferentes doses de K₂O aplicadas por meio da ARS ao longo do período experimental.

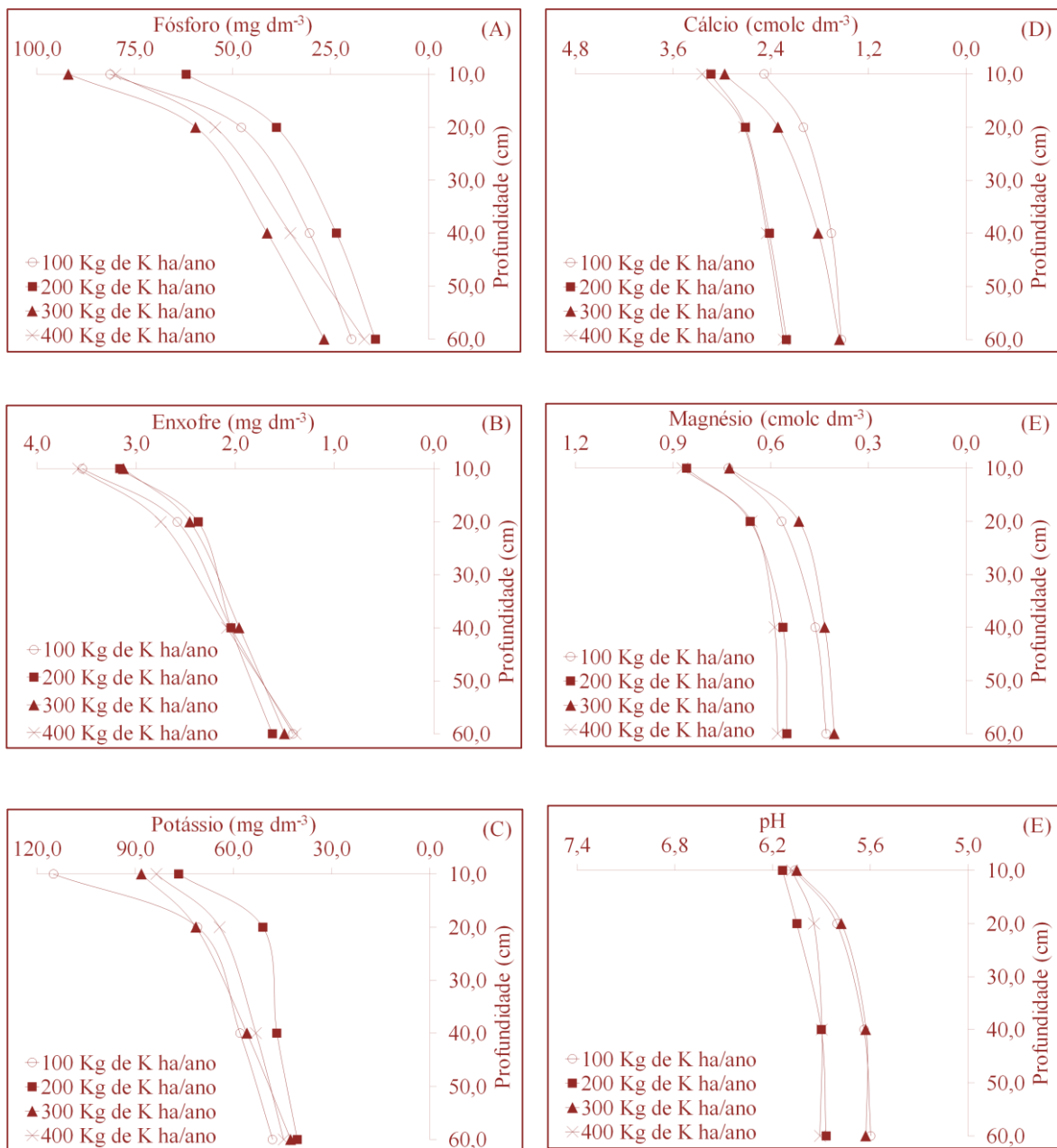
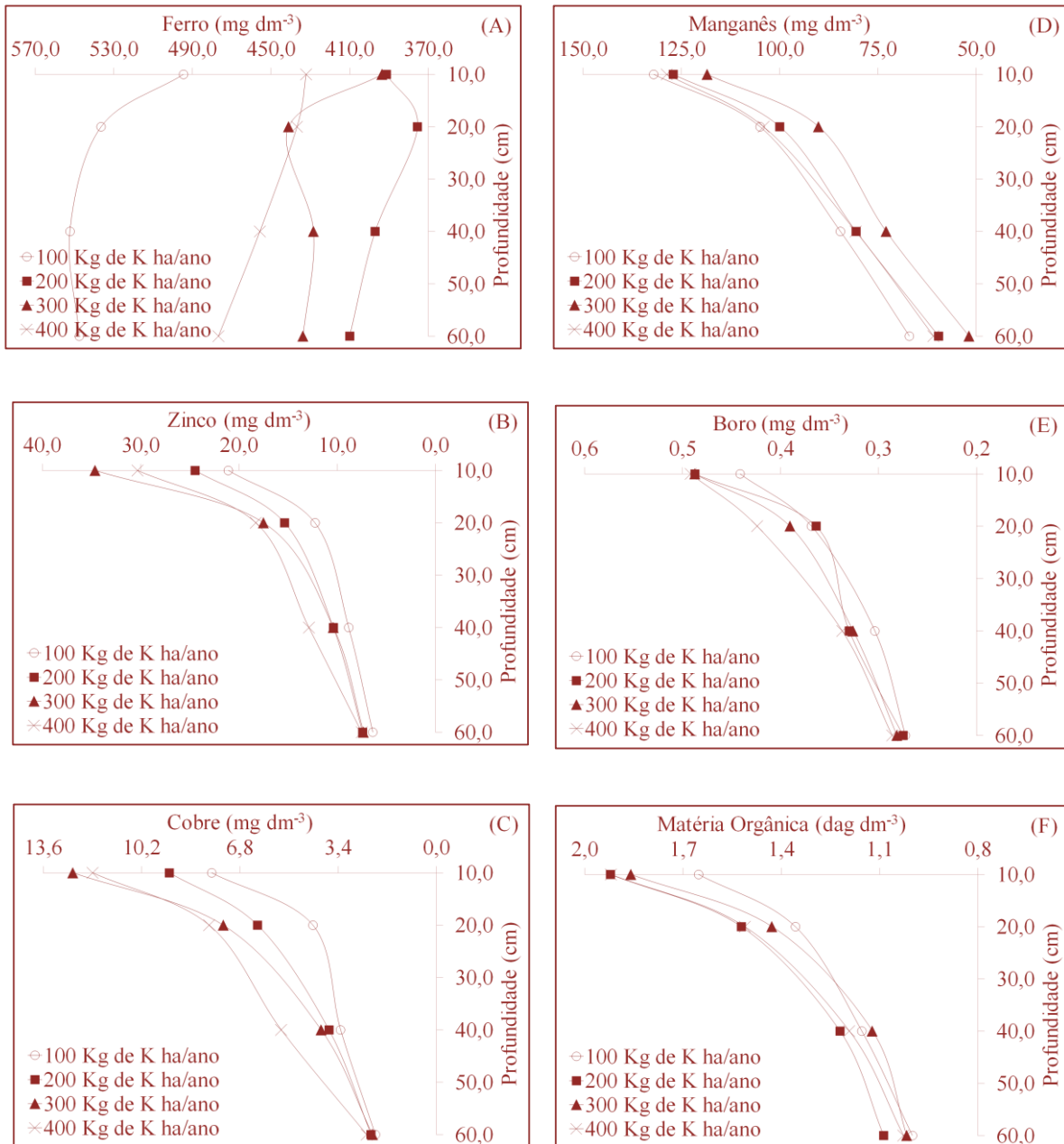


Figura 2 – Teores médios de ferro, zinco, cobre, manganês, boro e valores de matéria orgânica no solo em estudo nas profundidades de 10, 20 40 e 60 cm em diferentes doses de K_2O aplicadas por meio da ARS ao longo do período experimental.



A textura do solo estudado foi o fator fundamental para a observação da lixiviação de nutrientes no presente estudo, uma vez que a baixa capacidade de troca de cátions presentes em solos formados por sedimentos aluviais e a presença significativa de areia em todo perfil resultaram na menor interação dos nutrientes com o solo. Logo, todo nutriente presente no solo e que não esteja ligado aos elementos que compõe o complexo de troca pode ser transportado para as camadas mais profundas pela água (Prevedello, 1996).

Observa-se nas Figuras 1 e 2 a ausência de influência das diferentes doses de potássio aplicadas por meio da ARS nos atributos químicos do solo estudado. Esse aspecto é decorrente da própria formação dos solos classificados como Neossolos Flúvicos, ou seja, sem relações pedogenéticas entre os horizontes, camadas com espessura e granulometria bastante diversificadas, refletindo assim na variação nos teores dos atributos químicos observados.

Analisando os teores de fósforo (Figura 1 A) nota-se que os valores obtidos apontam como sendo a ARS uma boa fonte de incorporação deste nutriente ao solo. No entanto, Tomé Junior (1997) relata que em solo que receberam aplicações de resíduos orgânicos, quando analisados pelo extrator Mehlich podem apresentar resultados falsamente elevados de fósforo, pois estes resíduos possuem formas de fósforo que são poucos solúveis em água. Este fato demonstra que nem todo fósforo esteja disponível para as plantas, mas a acidez do extrator pode dissolver tais formas de fósforo.

A ARS, nas diferentes doses aplicadas, não proporcionou aumentos significativos dos teores de enxofre (Figura 1B), Potássio (Figura 1C), Cálcio (Figura 1D) e Magnésio (Figura 1E) na camada superficial do solo (0-10 cm). De acordo com classe de interpretação da fertilidade do solo para o Estado do Espírito Santo apresentada por Prezotti (2014) os teores destes nutrientes variam de médio abaixo na camada de 0-10 e 10-20 cm, enquanto que nas camadas de 20-40 e 40-60 cm os valores são considerados baixos para todos os nutrientes acima citados.

Exceto para o boro (Figura 2D) a aplicação da ARS resultou no incremento significativos de ferro (Figura 2A), zinco (Figura 2B), cobre (Figura 2C) e manganês (Figura 2E) em todas as camadas do perfil do solo estudado. Tal fato demonstra o risco de contaminação do lençol freático por estes nutrientes em decorrência da aplicação da ARS. No entanto, torna-se necessário a realização de avaliações da composição química da água subterrânea para confirmar uma possível contaminação.

4. CONCLUSÕES

A maior produção de biomassa no capim Mombaça deu-se na aplicado de água residuária de suinocultura na dose 50% da recomendação agrônômica de potássio, com redução da massa seca com o aumento da dose aplicada;

A aplicação da ARS proporcionou maiores teores de nutrientes nas camadas superficiais do solo estudado;

O aumento das doses de potássio aplicadas por meio da ARS não refletiu em maiores teores de macronutrientes no solo, e;

Verificou-se o risco de contaminação do lençol freático por micronutrientes em decorrência da aplicação das diferentes doses de ARS.

REFERÊNCIAS

- [1]. ALVES, D. K. M.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; CUNHA, F. N.; SOARES, F. A. L.; DA SILVA VIEIRA, G.; GONÇALVES, M. V. M.; DOS SANTOS, L. N. S. Teores de clorofilas do milho submetido a fertirrigação com água residuária de suinocultura e piscicultura. *Research, Society and Development*, Itajubá, v. 10, n. 7, p. e2510716251, 2021.
- [2]. ANDRADE, A. S.; DRUMOND, L. C. D.; RABELO, D. M. L.; APPELT, M. F.; LIMA, J. C. L.; DE OLIVEIRA, V. M. R. Crescimento de gramíneas forrageiras fertirrigadas com água residuária de suinocultura. *Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, Chapadinha-MA, v. 8, n. 2, p. 9-71, 2014.
- [3]. CAMARGO, S.; MESQUITA, E.; CASTAGNARA, D.; NERES, M.; DE OLIVEIRA, P. J. Efeito da aplicação de dejetos de suínos na concentração de minerais na parte aérea de capins Tifton 85. *Scientia Agraria Paranaensis*, Marechal Cândido Rondon-PR, v. 10, n. 2, p. 51-62, 2011.
- [4]. EMBRAPA. Central de Inteligência de Aves e Suínos. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>. Acesso em: 27 de julho de 2021.
- [5]. LIMA, C. J. G. d. S.; PEREIRA, L. d. S.; SANTOS, T. O. d. S.; PINTO, S. N.; RODRIGUES, A. C.; NUNES, L. A. P. L. Soil changes and yield of maize fertilized with swine wastewater. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 32, p. 167-178, 2019.
- [6]. NETO, A. J. A.; DO CARMO LANA, M.; RAMPIM, L.; DE MENDONÇA COSTA, L. A.; COPPO, J. C.; ALVES, A. G. Água residuária de suinocultura sobre a produtividade de soja e milho segunda safra: uso e viabilidade econômica. *Scientia Agraria Paranaensis*, Marechal Cândido Rondon-PR, v. 15, n. 3, p. 350-357, 2016.
- [7]. PINTO, M. A. B.; FABBRIS, C.; BASSO, C. J.; SANTI, A. L.; GIROTTO, E. Aplicação de dejetos líquidos de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 44, p. 205-212, 2014.
- [8]. PREZOTTI, L. C.; OLIVEIRA, J.; GOMES, J.; DADALTO, G. Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação. v. 2013.
- [9]. PREVEDELLO, C. L. Física do solo com problemas resolvidos. Curitiba, SAEAFS, 1996,446 p

- [10]. PRIOR, M.; SAMPAIO, S. C.; NÓBREGA, L. H.; DIETER, J.; COSTA, M. S. d. M. Estudo da associação de água residuária de suinocultura e adubação mineral na cultura do milho e no solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal v. 35, p. 744-755, 2015.
- [11]. REZENDE, V. d. O.; DRUMOND, L. C. D.; DE CARVALHO, A. M. X.; LANA, R. M. Q.; DE FARIA, M. V. Grass production Tifton 85 and nutrient extraction with swine wastewater doses. *African Journal of Agricultural Research*, v. 13, n. 52, p. 2919-2929, 2018.
- [12]. SILVA, A. D. A.; LANA, Â. M.; LANA, R. M.; COSTA, A. M. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 35, p. 254-265, 2015.
- [13]. SILVA, F. C. D. S. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos Brasília, 2009.
- [14]. SILVA, M. R.; ABREU, J. G.; WEBER, O. d. S.; SOARES, A. d. P.; BONFIM-SILVA, E. M.; JOSÉ, J. V. Marandu, Xaraés and Piata grasses fertilized with swine wastewater under greenhouse conditions. *Journal of Agricultural Science*, v. 11, n. 9, p. 112-119, 2019.
- [15]. SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. d. Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias. Campina Grande: DEC/CCT/UFPG, 2001. 266p p.
- [16]. TOMÉ JÚNIOR, J.B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997, 247p

Capítulo 8

Perspectivas do uso do pó de rocha associado à compostos orgânicos e microrganismos solubilizadores de nutrientes na cultura do tomate: Uma revisão de literatura²

Mario Viana Paredes Filho

Ligiane Aparecida Florentino

Resumo: O Brasil importa a maioria dos fertilizantes fosfatados e potássicos utilizados na agricultura, no entanto, possui em seu território jazidas nacionais que podem suprir parte da demanda do mercado interno. Para que estas possam ser utilizadas de forma efetiva, é necessário identificar técnicas para acelerar a liberação de fósforo (P) e potássio (K) destas rochas. A utilização de pó de rocha no Brasil tem sido estudada e incentivada visando reduzir a dependência brasileira do mercado externo de fertilizantes químicos e também como alternativa para a agricultura orgânica. Alguns fatores como a matéria orgânica e a presença de microrganismos no solo podem potencializar o uso de pó de rocha, aumentando a liberação de nutrientes. Desta forma, as reservas nacionais de fósforo e potássio juntamente com o composto orgânico associados com estirpes bacterianas apresentam-se como boas alternativas na substituição parcial de fontes convencionais de nutrientes, servindo de base para a sustentabilidade agrícola. Portanto, a realização deste trabalho objetivou apresentar uma revisão de literatura sobre a solubilização de fósforo e potássio por isolados bacterianos e a contribuição da adição de composto orgânico no cultivo do tomate.

Palavras Chave: Bactérias diazotróficas. Biossolubilização. Pó de rocha. Resíduos orgânicos. *Solanum lycopersicum* L.

² Texto extraído da Tese: Solubilização de fósforo e potássio por isolados bacterianos e a contribuição da adição de composto orgânico no cultivo do tomate

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), o Brasil importou mais de 27,5 milhões de toneladas de fertilizantes em 2018, comprovando uma alta demanda sob os compostos NPK, forte dependência na importação e baixa produção interna (ANDA, 2019).

O fósforo (P) é um dos elementos que mais limita a produção vegetal, visto que participa de moléculas bioquímicas, como o ATP (adenosina trifosfato), responsável pela energia na célula e nas moléculas de DNA e RNA, além de outras funções enzimáticas e estruturais, tornando-se imprescindível para o desenvolvimento da planta (MARSCHNER, 2012).

Em solos tropicais a alta capacidade de fixação do P torna-se um dos fatores limitantes na agricultura (NOVAIS *et al.*, 2007), o que ocorre pelo baixo aproveitamento de P pelas plantas, que pode ser inferior a 10% (BALIGAR; FAGERIA; HE, 2001). Quando aplicado ao solo, a maior parte deste nutriente forma complexos insolúveis, ficando retido e indisponível para as plantas, gerando a necessidade de frequentes aplicações.

Diante desse contexto, a utilização de fosfatos de rocha (FR) tem sido estudada como fonte de P para as culturas (VAN STRAATEN, 2006). Para aumentar a disponibilidade do P por meio da biossolubilização do FR, algumas estratégias têm utilizado microrganismos, incluindo bactérias e fungos com alto poder de solubilização (RAJAPAKSHA *et al.*, 2011). Esse processo de solubilização ocorre pela redução do pH por meio da liberação de ácidos orgânicos pelos microrganismos (NAUTIYAL, 1999; BARROSO; NAHAS, 2008; GULATI *et al.*, 2009).

O potássio (K) apresenta-se como outro importante nutriente mineral, devido à sua alta taxa de absorção pelo tomateiro, segundo Fayad *et al.* (2002), tanto em condições de cultivo protegido, quanto em ambiente aberto, exercendo a função de ativador enzimático na planta, que regula a síntese de caroteno e controla a abertura dos estômatos, fotossíntese e balanço hídrico (JOHJIMA, 1994; MARSCHNER, 2012; TAI; ZEIGER, 2004; KANAI *et al.*, 2007).

O custo atual do cloreto de potássio (KCl), relacionado à grande dependência de sua importação para suprir a demanda nacional, sugere a necessidade de estudos que procurem avaliar a eficiência de fontes alternativas desse nutriente (MARTINS *et al.*, 2015). Neste sentido, apresenta-se como uma fonte potencial de K a rocha fonolito encontrada na região de Poços de Caldas-MG, que apresenta 8,0% de K₂O (FLORENTINO *et al.*, 2017). Porém, devido à sua liberação lenta no solo, algumas espécies de microrganismos são capazes de solubilizar e aumentar a disponibilidade desse nutriente, contribuindo para o desenvolvimento da planta e surgindo como uma prática necessária para a agricultura orgânica e sustentável (PARMAR; SINDHU, 2013; MEENA; MAURYA; VERMA, 2014; PRIYADHARSINI; MUTHUKUMAR, 2015).

A produção de fertilizantes químicos depende de energia fóssil para o seu beneficiamento, transporte e distribuição, aumentando os custos de produção e riscos de danos ambientais (SCHRÖDER *et al.*, 2010).

Um dos grandes problemas enfrentados pelo agronegócio brasileiro está na forte dependência do mercado externo com a importação de 55% e 90% dos fertilizantes fosfatados e potássicos, respectivamente, devido à baixa produção interna, destacando o Brasil neste contexto mundial (ANDA, 2012; DNPM, 2016; OLIVEIRA; MALAGOLLI; CELLA, 2019; SCHUELER; DOURADO; RIZZO, 2019).

Outra fonte de nutrientes importante é a matéria orgânica (MO), oriunda da decomposição de restos vegetais e animais, sendo constituída de compostos orgânicos associados com os minerais, os quais proporcionam maior retenção de água e servem de abrigo à fauna microbiana do solo. As partículas orgânicas desenvolvem funções como a regulação da disponibilidade de nutrientes, dos metais pesados e do Mn²⁺ e do Al⁺ em solos ácidos, aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e da fonte de nutrientes (ZANDONADI *et al.*, 2014). Essa combinação de fatores proporciona condições favoráveis às plantas, que intensificam suas relações com os microrganismos do solo (KHATOUNIAN, 2002).

Estudos voltados à seleção de estirpes bacterianas de maior eficiência na solubilização podem contribuir no aumento da disponibilização desses minerais contidos nos pós de rochas e assim promoverem ao sistema solo-planta a produção de hormônios vegetais, crescimento da planta, combate a microrganismos fitopatogênicos e a disponibilização de nutrientes, contribuindo para a competitividade do agronegócio nacional (FERRARI *et al.*, 2005; MARTINS *et al.*, 2008; MEENA *et al.*, 2016).

Entre as hortaliças, o tomate apresenta-se como o mais consumido no mundo e de maior cultivo no Brasil, superado em ambos os casos apenas pela batata (FILGUEIRA, 2013). Em 2017, dados relativos à produção mundial revelam que foram produzidas 182 milhões de toneladas em 4,85 milhões de hectares em área cultivada (FAOSTAT, 2017). No cenário nacional, o agronegócio alcançou números que colocaram o Brasil como o décimo maior produtor mundial da hortaliça. Foram cultivados 64.664 hectares em todos os estados, com uma produção de 4.373.047 toneladas (IBGE, 2017). Em relação à indicação de adubação no tomateiro, torna-se necessário avaliar o estado nutricional da cultura com base nos teores de nutrientes no solo e na planta (SILVA *et al.*, 2009). Neste sentido, a dependência externa de insumos agrícolas para a produção de hortaliças pode ser reduzida pela combinação de M.O. e pó de rocha associados aos fungos e bactérias solubilizadoras de nutrientes como o fósforo e potássio (FRANCISCON, 2013).

Em relação à horticultura, a agricultura orgânica é um dos sistemas que tem despertado interesse do setor de produção de alimentos em escala mundial, pois respeita o meio ambiente, cultura, sociedade e economia (MAFFEI; SILVEIRA; CATANOZI, 2013).

O manejo sustentável dos solos agrícolas implica a adoção de diversas técnicas, reduzindo a dependência de fertilizantes minerais com a utilização de fontes naturais de nutrientes, como as rochas fosfatadas e potássicas em associação com adubos orgânicos, combinando-se à reciclagem de resíduos (FAO, 1995; OLIVARES, 2009).

Entre os meios de produção de tomate, o uso do sistema de cultivo em ambiente protegido possibilita um bom controle nas condições climáticas do ambiente e pode oferecer regularidade na produção, aumento da produtividade e qualidade dos produtos agrícolas (CARVALHO; TESSARIOLI NETO, 2005; REIS *et al.*, 2013).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. FONTES ALTERNATIVAS DE NUTRIÇÃO

2.1.1. PÓ DE ROCHA COMO FONTE DE FÓSFORO

Segundo Lopes (1998), o fosfato de rocha (FR) apresenta cerca de 15% de P_2O_5 constituindo-se como material base utilizado na fabricação de grande parte dos fertilizantes fosfatados, apresentando, em 2018, uma reserva mundial de 70 bilhões de toneladas (USGS, 2019). Os maiores depósitos de FR, oriundos de rochas sedimentares, estão localizados no Marrocos/Saara Ocidental (71,43%), China (4,57%) e EUA (1,43%). Em relação às rochas fosfatadas ígneas (USGS, 2019), as maiores reservas encontram-se no Brasil (2,43%), Rússia (0,86%) e África do Sul (2,14%).

No Brasil, produzem-se 80% da necessidade do FR. Entretanto, a importação do fosfato ainda é de 50% do total utilizado no país, demonstrando uma forte dependência de fertilizantes oriundos do mercado externo (SOUZA; FONSECA, 2009). As principais jazidas encontram-se nas cidades de Tapira (MG), Patos de Minas (MG), Araxá (MG), Lagamar (MG), Catalão (GO), Ouidor (GO), Cajati (SP) e Irecê (BA). As rochas fosfáticas classificam-se em sedimentares que são compostas por fosforitos, guano e alumínio-fosfatos, e em rochas ígneas, as quais apresentam composição ultrabásica e alcalina (FRANCISCON, 2013).

A liberação de P, contido no solo, para as plantas ocorre por meio da intemperização da apatita, que, ao desintegrar-se, libera o P na solução do solo, sendo absorvido pelas raízes das plantas e forma compostos com o alumínio, o cálcio, o ferro e o manganês (LOPES, 1998).

Nos solos tropicais, 95-99% do P encontram-se em forma pouco disponível às plantas (insolúvel), limitando a produtividade agrícola e aumentando a dependência de fertilizantes fosfatados (TSAI; ROSSETTO, 1992; PRADHAN; SUKLA, 2005). Para que ocorra um maior aproveitamento do P pelas plantas é necessária a transformação do P orgânico a inorgânico, decorrente do processo de mineralização, mediado pela atividade microbiana do solo por meio das enzimas fosfatases e fitases (BARBER, 1984; STEVENSON; COLE, 1999; LOPES; SILVA; BASTOS, 2004).

Desta forma, sob condições adequadas pode-se solubilizar o P e torná-lo disponível para as plantas, resolvendo o problema da baixa solubilidade desse nutriente no solo (BEHERA *et al.*, 2013). Neste sentido, o suprimento de P pode ser obtido pela utilização de microrganismos solubilizadores, nos quais sua capacidade de solubilização é a principal característica, dependendo do tipo de microrganismo e das condições do ambiente, como também do tipo de fosfato e da fonte de C (SILVA FILHO; VIDOR, 2000; SILVA FILHO; VIDOR, 2001).

2.1.2. PÓ DE ROCHA COMO FONTE DE POTÁSSIO

Para garantir o suprimento da demanda crescente por alimentos, a agricultura brasileira foi expandida de uma forma que levou o país a uma forte dependência por fertilizantes importados, em especial o Cloreto de Potássio (KCl), de elevado custo. Visando enfrentar esta restrição, é necessário intensificar os estudos em fontes alternativas de potássio, o que pode influenciar na redução dos custos de produção das culturas vegetais e aumentar a competitividade destes produtos no mercado internacional (RESENDE *et al.*, 2006; CORTES *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2012).

A rochagem é a técnica de fertilização natural realizada pelo uso direto de rochas na agricultura, que consiste na liberação gradual dos nutrientes que constituem o pó de rocha para o solo (VAN STRAATEN, 2007).

As rochas que contêm potássio em sua composição são estudadas como fonte alternativa de nutrientes para as plantas e podem ser aplicadas no solo sob a forma pura ou pela mistura de rochas, sendo os feldspatos potássicos, vermiculitas, micas e esmectitas os principais minerais associados à disponibilidade de K nos solos do Brasil (CURI; KÄMPF; MARQUES, 2005; NOBRE *et al.*, 2011; SILVA, 2009; MARTINS; THEODORO, 2010).

O fonolito apresenta-se como uma rocha de origem vulcânica encontrada na região de Poços de Caldas – MG, sendo o seu principal constituinte o feldspato potássico ($KAlSi_3O_8$), com cerca de 9% de K_2O em sua composição, tornando-se objeto de estudo como fonte alternativa de fertilizante potássico de liberação lenta (ANDRADE, 2005; TEIXEIRA *et al.*, 2011).

A liberação lenta do K para as plantas está relacionada à solubilidade do mineral que depende da origem e da composição das rochas de origem. Devido à baixa solubilidade destas, é necessário o uso de processos biológicos por meio de bactérias solubilizadoras, para que as fontes minerais sejam modificadas e assim disponibilizados os nutrientes no solo para as plantas (HARLEY; GILKES, 2000; STAMFORD *et al.*, 2016; COLA; SIMÃO, 2012).

2.1.3. COMPOSTO ORGÂNICO

O composto orgânico é formado pela matéria orgânica, substâncias húmicas e por elementos minerais que condicionam de maneira positiva a fertilidade do solo, contribuindo na elevação da capacidade de troca de cátions (CTC), redução nas perdas por lixiviação, melhora a aeração e drenagem dos solos por meio da formação de agregados mais estáveis, promove o efeito tampão (estabilidade do pH), melhora o aproveitamento dos fertilizantes minerais, atua na supressão de fitopatógenos e como fonte de cátions, ânions e micronutrientes, na absorção de nutrientes que melhoram a atividade enzimática e realização da fotossíntese, retenção de água e nutrientes, reduzindo os efeitos da erosão e serve de proteção e fonte de alimentos para os microrganismos do solo (INÁCIO; MILLER, 2009; PEREIRA NETO, 2007).

O aumento contínuo no custo dos fertilizantes NPK e sua poluição ambiental fazem do composto orgânico uma boa alternativa de uso na agricultura, devido à ciclagem de carbono e nutrientes para as culturas, que podem ser de origem industrial, urbana e agrícola, como exemplo os esterco de bovino, galinha e de suíno, torta de filtro, torta de mamona, adubos verdes, turfa, lodo de esgoto, resíduos da fabricação de álcool e açúcar, compostos orgânicos e resíduos do processamento de frutos (PEREIRA; WILSEN NETO; NÓBREGA, 2013).

Esses compostos apresentam uma série de nutrientes importantes para a agricultura, tais como, potássio, nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e micronutrientes, os quais geram redução de custos em relação ao consumo de adubos minerais, principalmente, quando estes últimos se tornam onerosos no mercado internacional (COSTA; COSTA; PEREIRA, 2014).

Embora já existam técnicas na literatura indicando a produção orgânica do tomateiro (MORALES, 2019), os compostos orgânicos são normalmente empregados nesta cultura com o objetivo de suprir parte da necessidade nutricional, visto que a planta apresenta alto requerimento de nutrientes em um curto espaço de tempo, devido à influência dos seus processos bioquímicos e fisiológicos (MELLO; VITTI, 2002; NASSUR; VILAS BOAS; RESENDE, 2015). Neste sentido, é fundamental compatibilizar o uso de compostos orgânicos com fertilizantes minerais, visando ao desenvolvimento de técnicas de adubação mais sustentáveis e eficientes (LIU *et al.*, 2009). Contudo, esta prática vem ganhando cada vez mais reconhecimento social, político e científico na adoção de estratégias agroecológicas, pelo uso de insumos locais e uma comercialização mais justa (MELO *et al.*, 2012).

2.2. INFLUÊNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NA SOLUBILIZAÇÃO DE PÓ DE ROCHA

A matéria orgânica do solo (MOS) é formada pelos resíduos da biota, especialmente os vegetais, encontrados parcialmente decompostos e sintetizados, em vários níveis de complexidade e diversidade estrutural (SILVA; RESCK, 1997; BATJES, 1999).

O uso da MOS eleva os níveis de carbono (C) no solo (MALAVOLTA, 1981), apresentando-se como fonte de nutrientes, promovendo o aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) e regulando a disponibilidade de nutrientes e metais pesados, Al^{3+} e Mn^{2+} em solos ácidos (ZANDONADI *et al.*, 2014). O autor ainda relata que as substâncias húmicas (SH), encontradas na MO, possuem capacidade de exercer simbiose com microrganismos e/ou plantas, elevando o potencial para uso agrícola.

As SH contribuem aproximadamente com 85 a 90% do carbono orgânico total (COT) (SANTOS; LIMA; CARVALHO, 2002) e constituem-se em cerca de 70% a 80% da MOS, sendo compostas pelos ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) e humina (HUM) (STEVERSON, 1994; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Portanto, as interações das SH e a dinâmica da matéria orgânica no solo dependem das seguintes propriedades: grupamentos funcionais; caráter ácido, básico ou neutro; solubilidade; polaridade; distribuição de cargas; dimensão, forma e configuração molecular; características físico-químicas, estruturais e funcionais da fração orgânica (CANELLAS; SANTOS; SOBRINHO, 1999). Uma série de enzimas realiza a quebra do ATP e produz a energia necessária para que os nutrientes sejam absorvidos pela célula (do solo). Desta forma, as plantas apresentam maior vigor e resistência aos diferentes tipos de estresse, além de absorver e acumular uma quantidade maior de nutrientes (CLAPP *et al.*, 2001).

A MO pode atuar como reservatório de N, P, S e B e na retenção de nutrientes como K, Ca e Mg, suprimindo parcialmente as necessidades nutricionais nos ciclos das culturas (BOT; BENITES, 2005).

Os microrganismos decompositores de matéria orgânica e água podem contribuir com a solubilização dos minerais por meio da produção de ácidos orgânicos (MALAVOLTA, 1980). A biomassa microbiana contém nutrientes, como N, P, K, e Ca, com potencial de reciclar cerca de 10 vezes mais rápido que a matéria orgânica morta do solo, colaborando na ciclagem de nutrientes no ecossistema devido à grande quantidade destes nutrientes presentes nas células dos microrganismos (ANDREOLA; FERNANDES, 2007).

Em sistemas de cultivo orgânico, a densidade microbiana do solo é maior quando comparada aos sistemas convencionais, pois o acúmulo de matéria orgânica no solo contribui no desenvolvimento e aumento do aporte de nutrientes aos microrganismos, melhorando a qualidade do solo (EVANGELISTA *et al.*, 2013). A atividade microbiana possui capacidade de degradar a matéria orgânica em CO_2 e outros minerais (SUN; DENG; RAUN, 2004) e converter o CO_2 em gás carbônico (H_2CO_3), promovendo a disponibilização de nutrientes dos minerais (ANDRADE; NOGUEIRA, 2005).

Malta *et al.* (2019) utilizaram em seus estudos esterco de aves associado com pó de rocha, resultando num maior teor de fósforo no solo devido à manutenção do pH em uma faixa que favorece a disponibilidade dos nutrientes. Em outros trabalhos nos quais foram utilizados pó de rocha moído em associação com microrganismos e matéria orgânica, evidenciou-se aumento na solubilização de nutrientes (BUSATO *et al.*, 2012; EL-SEOUD; MEGEED, 2012; SOUZA *et al.*, 2013; LOPES; CARRILHO; LOPES-ASSAD, 2014).

Minhoni, Cardoso e Eira (1991) constataram que a glicose se destacou entre as cinco fontes de carbono testadas, pois foi a que promoveu ativação no processo microbiano de solubilização do fosfato de rocha. Esta solubilização pode ser influenciada por meio da produção de ácidos orgânicos pelos microrganismos (HARIPRASAD; NIRANJANA, 2009), redução do pH e uso de fontes de carbono e nitrogênio (SILVA FILHO; VIDOR, 2000).

Neste sentido, a solubilização de pó de rocha encontra-se ligada às atividades biológicas, em que a sua eficiência está fortemente relacionada ao uso de forma concomitante de práticas culturais que estimulem a microbiota do solo, pela prática de manejo do solo para a fertilização do agroecossistema (ALMEIDA; SILVA; RALISCH, 2007).

2.3. MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (P)

Em solos tropicais comumente formam-se compostos de baixa solubilidade, reduzindo a disponibilidade de P devido à reação do P solúvel com cálcio (Ca), ferro (Fe), magnésio (Mg) e alumínio (Al). Em solos sob condições de baixo pH o fosfato é formado pela associação do P com o Fe e/ou Al e nos solos com alto pH prevalecem as formas associadas ao Ca (BARROSO; NAHAS, 2005).

Diante deste problema, diferentes microrganismos incluindo os fungos e bactérias, apresentam potencial para solubilizar FR pela produção de ácidos orgânicos e outros mecanismos para utilização agrônômica destas fontes de P com custo reduzido e baixo gasto de energia (SOUCHIE *et al.*, 2005; SOUCHIE *et al.*, 2006; BARROSO; NAHAS, 2008; MOHAMMADI, 2012).

A inoculação de microrganismos solubilizadores de fosfato (MSF) promove melhorias no desenvolvimento das plantas (CARAVACA *et al.*, 2002; HAYAT *et al.*, 2010), ajuda no controle de fitopatógenos (ABDLWARETH *et al.*, 2012), reduz o estresse da planta sob condições salinas (GIRI; MUKERJI, 2004), aumenta a biomassa da parte aérea, e também da raiz, e ainda fortalece os vasos do xilema (PILLAY; NOWAK, 1997).

Diferentes grupos de microrganismos possuem potencial na biossolubilização de nutrientes, destacando-se as bactérias dos gêneros *Rhizobium* (SRIDEVI; MALLAIAH, 2009), *Paenibacillus* (LAL; TABACCHIONI, 2009; WANG *et al.*, 2012), *Bacillus* (SILVA FILHO; VIDOR, 2001), *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Erwinia* (VERMA; LADHA, 2001; GARG *et al.*, 2001) e, entre os fungos, evidenciam-se o *Aspergillus*, *Penicillium* e *Trichoderma* sp. (LOPES-ASSAD *et al.*, 2006; SOUCHIE; ABOUD, 2007; LIAN *et al.*, 2008; KAPRI; TEWARI, 2010).

Diante desse contexto, estudos devem ser direcionados quanto à identificação de isolados com alto potencial de solubilização de fosfatos, para entender sobre a capacidade e eficiência desses microrganismos e sobre a sua utilização na prática em associação com culturas vegetais.

2.4. MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE POTÁSSIO (K)

Grande parte dos minerais apresenta o K em sua estrutura na forma insolúvel, o que gera dificuldade na obtenção desse elemento, incluindo os silicatos como exemplo (NASCIMENTO; LOUREIRO, 2004). Essa insolubilidade faz com que os pós de rocha apresentem liberação lenta dos minerais no solo, o que pode inviabilizar o seu uso na agricultura (MARTINS *et al.*, 2008). Entretanto, a liberação de nutrientes pode ser aumentada pela utilização de microrganismos do solo, que liberam ácidos orgânicos, fazendo com que ocorra a solubilização de K das rochas silicáticas (GIRGIS; KHALIL; SHARAF, 2008; MEENA; MAURYA; VERMA, 2014; BRANDÃO; LOPES-ASSAD; CECCATO-ANTONINI, 2014; FLORENTINO *et al.*, 2017).

A solubilização biológica pode ser realizada por bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Aspergillus* e *Penicillium*, as quais apresentaram crescimento quando foram adicionadas em pó de rocha em meio de cultura deficiente de potássio (HUNGRIA; URQUIAGA, 1992). Bactérias do gênero *Acidithiobacillus* produzem ácido sulfúrico (SO_4^{2-}) por meio da oxidação do enxofre, que, devido ao baixo pH, proporcionam a liberação de potássio e fósforo insolúveis (GARCIA JÚNIOR, 1991).

A utilização de microrganismos solubilizadores pode promover ao sistema solo-planta, a produção de hormônios vegetais, crescimento da planta, combate a microrganismos fitopatogênicos e a disponibilização de nutrientes (MEENA *et al.*, 2016).

Em relação a bactérias solubilizadoras de potássio (BSK), vários trabalhos na literatura reportam sobre a sua aplicabilidade, com resultados satisfatórios pela sua capacidade de solubilizar o potássio contido nos minerais das rochas (SHENG; HE, 2006; BASAK; BISWAS, 2009; PRAJAPAT; MODI, 2012; SILVA *et al.*, 2015; FLORENTINO *et al.*, 2017).

Diferentes estirpes de microrganismos foram avaliadas quanto ao potencial de biossolubilização de potássio *in vitro*, sendo que, em estudo realizado por Silva *et al.* (2011), a estirpe B30 foi capaz de solubilizar 70% do K presentes na rocha de fonolito e, em outro estudo conduzido por Lopes-Assad *et al.* (2010), duas estirpes de fungo *Aspergillus Niger* extraíram entre 62% e 70% de K presentes em pó de rocha.

Em experimento realizado por Florentino *et al.* (2017), foram avaliadas 12 estirpes de bactérias diazotróficas suplementadas com pó de rocha fonolito e supridas por duas fontes de carbono, sendo que, quando foram comparadas com o tratamento controle, todas as estirpes contribuíram para maior liberação de K, com destaque à estirpe UNIFENAS 100-94 que solubilizou 130 mg L⁻¹ de K.

Nesse sentido, diferentes tipos de microrganismos demonstram elevado potencial na solubilização de diversos tipos de rochas, com o objetivo de assimilar elementos importantes para o seu metabolismo (CARA *et al.*, 2012).

2.5. CULTIVO DO TOMATE

O tomate originou-se na América do Sul, em uma região compreendida entre o oeste do Equador e norte da Bolívia e Chile, onde a sua domesticação ocorreu na região mexicana e o centro de diversidade na região peruana (LARRY; JOANNE, 2006; NICK; SILVA, 2018). A domesticação teve como foco o tamanho do fruto, pois nas espécies selvagens o tamanho do fruto é pequeno e de pouco interesse na alimentação humana (BAI; LINDHOUT, 2007).

Segundo Filgueira (2013), o tomateiro apresenta-se como a hortaliça mais cultivada no Brasil e consumida no mundo, onde, em 2017, foram produzidos 182 milhões de toneladas em 4,85 milhões de hectares em área cultivada (FAOSTAT, 2017), sendo o Brasil o décimo maior produtor mundial da hortaliça, com cerca de 64.664 hectares cultivados em todos os estados, com uma produção de 4.373.047 toneladas (IBGE, 2017). Em relação ao seu valor nutricional, o tomate é reconhecido como um alimento funcional, pois apresenta, em sua composição, grande quantidade de carotenoides, de ação antioxidante, como o licopeno, agindo como protetor do organismo contra alguns agentes cancerígenos (NICK; SILVA, 2018).

Conforme as características do fruto e da planta, existem alguns grupos varietais, em especial os destinados para mesa, como, o Salada (51,5%), Italiano (31,3%), Santa Cruz (12,1%), Cereja (5,1%) e o grupo agroindustrial, produzido sob cultura rasteira (FILGUEIRA, 2013; NICK; SILVA, 2018).

O tomateiro, botanicamente denominado *Solanum lycopersicum* L., é uma planta herbácea perene de ampla capacidade adaptativa, de ciclo anual, podendo chegar a mais de dois metros e meio de altura (NAIKA *et al.*, 2006; FILGUEIRA, 2013). Apresenta caule flexível, piloso, com possibilidade de alteração da arquitetura por meio de podas e uso de tutores para mantê-la na posição vertical devido ao peso dos frutos, principalmente, em cultivos visando frutos para mesa (NICK; SILVA, 2018).

O ciclo biológico da cultura varia de 4 a 7 meses, sendo que as fases de floração e frutificação ocorrem junto com a de vegetação e suas folhas pecioladas compõem-se de um número ímpar de folíolos (FILGUEIRA, 2013).

Quanto aos hábitos de crescimento, a cultura apresenta os tipos indeterminado e determinado. No crescimento indeterminado, com maior ocorrência nas cultivares de mesa, as plantas são tutoradas e podadas, apresentam caule acima de 2,5 m de altura, com gema apical dominante sobre as gemas laterais, crescimento vegetativo vigoroso e contínuo, que ocorre de maneira paralela à produção de flores e frutos. No tipo determinado, de predominância em culturas rasteiras para destino agroindustrial, a haste atinge aproximadamente 1 m de altura, com um cacho de flores na extremidade, de hastes mais uniformes e apresenta menor vigor no crescimento vegetativo. Sobretudo, o que diferencia os hábitos de crescimento indeterminado e determinado é a posição dos ramos florais e a composição das unidades de fonte e dreno (MATTEDI *et al.*, 2007; FILGUEIRA, 2013).

De acordo com Alvarenga (2004), o tomateiro acumula as seguintes quantidades de macronutrientes em g/kg de frutos: K - 2,6 a 7,0; N - 1,8 a 3,8; Ca - 1,2 a 3,2; Mg - 0,3 a 1,1; P - 0,3 a 0,7; S - 0,3 a 0,5 e micronutrientes em mg/kg de frutos: Mn - 9,1 a 16,7; Cu - 6,3 a 8,1; Fe - 6,0 a 29,0; Zn - 3,8 a 11,6 e B - 1,4 a 2,7. É importante ressaltar que o tomateiro é uma planta extremamente exigente por nutrientes minerais, sendo que, em pesquisa realizada com a cultivar Santa Cruz no estado de São Paulo, foi identificada a seguinte ordem de extração de macronutrientes: K, N, Ca, S, P e Mg (FILGUEIRA, 2013).

Com relação à irrigação do tomateiro, o manejo preciso da água torna-se fator fundamental, visto que a quantidade média de água adequada por dia para a planta é de 1,4 L. Desta forma, o excesso ou deficiência hídrica podem afetar a qualidade e produção da cultura, favorecer a ocorrência de doenças, maturação desuniforme, baixo brix, frutos descoloridos e podridões (ADAMS, 1989; MACGIFFEN JÚNIOR; MASIUNAS; HUCK, 1992; MAROUELLI; SILVA, 2000; MAROUELLI; CARRIJO; ZOLNIER, 2005).

O tomate é uma hortaliça muito consumida "*in natura*", principalmente em saladas, e a preocupação com a saúde dos consumidores, quanto ao risco da presença de resíduos dos defensivos, vem causando um aumento na procura pelo tomate orgânico (LUZ; SHINZATO; SILVA, 2007).

O consumo de grandes quantidades de insumos na cultura do tomateiro (pode chegar a quase 16 t ha⁻¹ total) atinge 12,1% dos custos de produção e, se somado aos agrotóxicos, representa 20,8% do custo produtivo (AGRIANUAL, 2012). A agricultura orgânica tem um importante papel na busca pela redução da dependência e consumo desses insumos, gerando redução de custos, aumento dos lucros da atividade (ALTIERI; TOLEDO, 2011) e, quando comparado ao sistema de cultivo convencional, tais custos podem ser até 25% menores (SOUZA, 2005).

Nos últimos anos, os alimentos oriundos de sistemas orgânicos vêm sendo cada vez mais procurados devido às características relacionadas ao meio ambiente, saúde, segurança alimentar, ética e teores nutricionais (LIMA *et al.*, 2011; DIAS *et al.*, 2015).

Portanto, a agricultura orgânica tem o objetivo de promover a autossustentação da propriedade agrícola, trazer benefícios sociais para o agricultor, utilizar o mínimo uso de energias não renováveis na produção, ofertar produtos saudáveis ao consumidor, preservar o meio ambiente, a saúde humana e estimular a qualidade de vida (CONEJERO; SERRA; NEVES, 2007).

Bons níveis de qualidade e produtividade no tomateiro podem ser alcançados por meio do cultivo em ambiente protegido realizado em casa de vegetação, com objetivo de melhorar o desempenho da qualidade dos produtos, reduzir os efeitos prejudiciais do excesso de chuvas, os altos fluxos de radiação solar, os extremos de temperatura do ar, atuar na redução da incidência de pragas e doenças, proporcionar condições ótimas de luz, temperatura e umidade, manter a regularidade de produção durante o ano e servir de barreira de proteção contra fatores meteorológicos, como: chuvas, ventos fortes, insolação, granizo e geadas (REISSER JUNIOR, 2002; REICHEERT; CASALINHO, 2009; ANDRADE *et al.*, 2011; REIS *et al.*, 2012; REIS *et al.*, 2013).

Muitas vezes o sistema convencional de cultivo do tomate em campo não é sustentável, pois as tecnologias de irrigação e adubação, que são comumente utilizadas em excesso, podem provocar a poluição ambiental, a qual deve ser minimizada para garantir a qualidade da água superficial e subterrânea e reduzir o forte impacto econômico dos insumos químicos industrializados (BATTILANI; SOLIMANDO, 2006; BATTILANI, 2006).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do contexto apresentado, o Brasil pode reduzir a dependência externa de insumos agrícolas para a produção de hortaliças por meio da combinação de pós de rochas e matéria orgânica associadas aos microrganismos solubilizadores.

As reservas nacionais de fósforo e potássio juntamente com o composto orgânico associados com estirpes bacterianas apresentam-se como boas alternativas na substituição parcial de fontes convencionais de nutrientes, servindo de base para a sustentabilidade agrícola.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa PROSUP.

REFERÊNCIAS

- [1]. ABDLWARETH, A. A.; XIE, G. L.; TIAN, W. X.; XU, L. H.; ZHANG, G. Q.; MUHAMMAD, I. Characterization and evaluation of *Bacillus* isolates for their potential plant growth and biocontrol activities against tomato bacterial wilt. *African Journal of Biotechnology*, Nigeria, v. 11, n. 28, p. 7193-7201, Apr. 2012.
- [2]. ADAMS, P. Some effects of root temperature on the growth and nutrient uptake of tomatoes in NFT. *In: PROCEEDINGS OF THE SEVENTH INTERNATIONAL CONGRESS ON SOILLESS CULTURE*. 1989, Wageningen. Anais [...] Wageningen: ISOSC, 1989. p. 73-82.
- [3]. AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria, 2012. 512 p.
- [4]. ALMEIDA, E.; SILVA, F. J. P.; RALISCH, R. Revitalização dos solos em processo de transição agroecológica no sul do Brasil. *Revista Agricultura*, Rio de Janeiro. v. 4, n. 1, p. 7-10, mar. 2007.
- [5]. ALTIERI, M. A.; TOLEDO, V. M. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*, Netherlands, v. 38, n. 3, p. 587-612, July 2011.
- [6]. ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400 p.
- [7]. ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. Anuário estatístico do setor de fertilizantes 2012. São Paulo: 2012. Disponível em: http://www.anda.org.br/multimedia/INDICE_DO_ANUARIO_DE_2012.pdf, acesso em: 02 mar. 2019.

- [8]. ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos (2019). Principais indicadores do setor de fertilizantes. Disponível em: <http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx>. Acesso em: 23 mar. 2019.
- [9]. ANDRADE, G.; NOGUEIRA, M. A. Bioindicadores para uma análise de risco ambiental: organismos geneticamente modificados e grupos funcionais de microrganismo do solo. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, Brasília, n. 34, p. 11-19, 2005.
- [10]. ANDRADE, J. W. S.; FARIAS JÚNIOR, M.; SOUSA, M. A.; ROCHA, A. C. Utilização de diferentes filmes plásticos como cobertura de abrigos para cultivo protegido. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 33, n. 3, p. 437-443, Jul./Sept. 2011.
- [11]. ANDREOLA, F.; FERNANDES, S. A. P. A. Microbiota do solo na agricultura orgânica e no manejo das culturas. *In: SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. (Eds.). Microbiota do solo e qualidade ambiental. [S.l. : s.n.], 2007. p. 21-37.*
- [12]. BAI, Y.; LINDHOUT, P. Domestications and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany, United Kingdom*, v. 100, n. 5, p. 1085-1094, Nov. 2007.
- [13]. BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; HE, Z. L. Nutrient use efficiency in plants. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 32, n.7, p. 921-950, Apr. 2001.
- [14]. BARBER, S. A. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. New York: Wiley Interscience, 1984. 398 p.
- [15]. BARROSO, C. B.; NAHAS, E. The status of soil phosphate fractions and the ability of fungi to dissolve hardly soluble phosphates. *Applied Soil Ecology, Amsterdam*, v. 29, n. 1, p. 73-83, May 2005.
- [16]. BARROSO, C. B.; NAHAS, E. Solubilização do fosfato de ferro em meio de cultura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 4, p. 529-535, abr. 2008.
- [17]. BASAK, B. B.; BISWAS, D. R. Influence of potassium solubilizing microorganism (*Bacillus mucilaginosus*) and waste mica on potassium uptake dynamics by sudan grass (*Sorghum vulgare* Pers.) grown under two Alfisols. *Plant and Soil, Switzerland*, v. 317, n. 1, p. 235-255, apr. 2009.
- [18]. BATJES, N. H. Management options for reducing CO₂ concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. Wageningen: Internacional Soil Reference and Information Centre, 1999. 114p.
- [19]. BATTILANI, A.; SOLIMANDO, D. Yield, quality and nitrogen use efficiency of fertigated watermelon. *Acta Horticulturae, Perugia*, v. 700, n. 1, p. 85-90, Jan. 2006.
- [20]. BATTILANI, A. Water and nitrogen use efficiency, dry matter accumulation and nitrogen uptake in fertigated processing tomato. *Acta Horticulturae, Melbourne*, v. 724, n. 1 p. 67-74, Nov. 2006.
- [21]. BEHERA, B. C.; SINGDEVSACHAN, S. K.; MISHRA, R. R.; DUTTA, S. K.; THATOI, H. N. Diversity, mechanism and biotechnology of phosphate solubilising microorganism in mangrove - A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, India*, v.3, n.2, p. 97-110, Apr. 2013.
- [22]. BOT, A.; BENITES, J. The importance of soil organic matter, key to drought-resistant soil and sustained food production. *FAO Soils Bulletin, Rome*, 2005. 80p.
- [23]. BRANDÃO, J. A. V.; LOPES-ASSAD, M. L. R. C.; CECCATO-ANTONINI, S. R. Solubilization of diabase and phonolite dust by filamentous fungus. *Revista Ceres, Viçosa*, v. 61, n. 5, p. 740-745, set./out. 2014.
- [24]. BUSATO, J. G.; LIMA, L. S.; AGUIAR, N. O.; CANELLAS L. P.; OLIVARES, F. L. Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria. *Bioresource Technology, Netherlands*, v.110, n.1, p. 390-395, Apr. 2012.
- [25]. CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; SOBRINHO, N. M. B. A. Reação da matéria orgânica. *In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo em ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.69-89.*
- [26]. CARA, D. V. C.; ROCHA, D. L. da; CUNHA, C. D. da; RIZZO, A. C. de L.; SÉRVULO, E. F. C. Solubilização biológica de potássio. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. 42 p. (Série Tecnologia Ambiental, 66).
- [27]. CARAVACA, F.; BAREA, J. M.; FIGUEROA, D.; ROLDAN, A. Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for enhancing reforestation with *Olea europaea* subs *sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. *Applied Soil Ecology, Columbus*, v. 20, n. 2, p.107-118, May 2002.
- [28]. CARVALHO, L. A.; TESSARIOLI NETO, J. Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v. 23, n. 4, p. 986-989, out./dez. 2005.
- [29]. CLAPP, C. E.; CHEN, Y.; HAYES, M. H. B.; CHENG, H. H. Plant growth promoting activity of humic substances. *In: SWIFT, R. S.; SPARKS, K. M. (Eds.), Understanding and Managing Organic Matter in Soils, Sediments, and Waters. Madison: International Humic Science Society, 2001. p. 243-255.*

- [30]. COLA, G. P. A.; SIMÃO, B. P. Rochagem como fonte alternativa de suplementação de potássio na agricultura agroecológica. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, v. 7, n. 4, p. 15-27, out./dez. 2012.
- [31]. CONEJERO, M. A.; SERRA, L.; NEVES, M. F. Produtos Orgânicos: o que é, dimensões e como se habilitar. *In: NEVES, Marcos Fava (Coord.). Agronegócios e Desenvolvimento Sustentável: uma agenda para a liderança mundial na produção de alimentos e bioenergia*. São Paulo: Atlas, 2007. p. 90-101.
- [32]. CORTES, G. P.; FERREIRA, R. C.; CORTES, G. P.; RAMPAZZO, L.; FERREIRA, L. C. Fonolito como substituto do cloreto de potássio e/ou outras fontes de potássio na agricultura e pecuária do Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM*, 1., Planaltina, 2010. Anais[...]. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. p.75-86.
- [33]. COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M.; PEREIRA, D. C. Composto orgânico e pó de rocha como constituintes de substratos para produção de mudas de tomateiro. *Global Science and Technology*, Rio Verde, v. 07, n. 01, p. 16-25, abr. 2014.
- [34]. CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J. J. Mineralogia e formas de potássio em solos do Brasil. *In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2005. p.71-92.
- [35]. DIAS, V. V.; SCHULTZ, G.; SCHUSTER, M. S.; TALAMINI, E.; RÉVILLION, J. P. 2015. O mercado de alimentos orgânicos: um panorama quantitativo e qualitativo das publicações internacionais. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 155-174, jan./mar. 2015.
- [36]. DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. Sumário Mineral. Brasil: 2016. 131 p. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2016>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- [37]. EL-SEOUD, A.; MEGEED, A. A. Impact of rock materials and biofertilizations on P and K availability for maize (*Zea mays*) under calcareous soil conditions. *Saudi Journal of Biological Sciences*, Saudi Arabia, v.19, n. 1, p. 55-63, Jan. 2012.
- [38]. EVANGELISTA, C. R.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, E. P. de B.; PIRES, F. R. Atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional. *Semina: ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1549-1562, jul./ago. 2013.
- [39]. FAOSTAT data, (2017). FAO Statistical Databases. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- [40]. FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, F. L.; FERREIRA, F. A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 1, p. 90-94, 2002.
- [41]. FERRARI, A. M.; ERLER, G.; LOPES ASSAD, M. L. R. C.; TOSTA, C. D.; CECCATO-ANTONINI, S. R. (2005) Biodisponibilização de potássio proveniente de pó de rochas silicáticas. *In: Congresso de Iniciação Científica da UFSCar*, 13, São Carlos. Anais [...]. São Carlos: UFSCar. (CD-ROM).
- [42]. FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa: UFV, 2013. 421 p.
- [43]. FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V.; MIRANDA, C. C. B.; MESQUITA, A. C.; MANTOVANI, J. R.; BIANCHINI, H. C. Potassium solubilization in phonolite rock by diazotrophic bacteria. *Comunicata Scientiae*, Bom Jesus, v. 8, n. 1, p. 17-23, abr. 2017.
- [44]. FRANCISCON, S. Microrganismos: alternativas para a solubilização de fosfatos na agricultura. 2013. Monografia (Pós Graduação em Desenvolvimento rural sustentável e agricultura familiar) – Universidade Federal da Fronteira do Sul, Cerro do Sul, 2013.
- [45]. GARCIA JÚNIOR, O. Isolation and characterization of *Thiobacillus thiooxidans* and *Thiobacillus ferrooxidans* from mineral mines. *Revista Brasileira de Microbiologia*, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 1-6, 1991.
- [46]. GARG, S. K.; BHATNAGAR, A.; KALLA, A.; NARULA, N. In vitro fixation, phosphate solubilization, survival and nutrient release by Azotobacter strains in aquatic system. *Bioresource Technology*, Fayettevill, v.80, n. 2, p.101-109, Nov. 2001.
- [47]. GIRGIS, M. G. Z.; KHALIL, H. M. A.; SHARAF, M. S. In Vitro evaluation of rock phosphate and potassium solubilizing potential of some *Bacillus* strains. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, Pakistan, v. 2, n. 1, p. 68-81, Jan. 2008.
- [48]. GIRI, B.; MUKERJI, K. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza*, New York, v. 14, n.5, p. 307-312, Oct. 2004.

- [49]. GULATI, A.; VYAS, P.; RAHI, P.; KASANA, R. C. Plant growth promoting and rhizosphere competent *Acinetobacter rhizosphere* strain BIHB 723 from the cold desert of Himalayas. *Current Microbiology*, New York, v. 58, n. 4, p. 371-377, Apr.2009.
- [50]. HARIPRASAD, P.; NIRANJANA, S. R. Isolation and characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato. *Plant and Soil*, The Hague, v. 316, n. 1, p.13-24, Mar. 2009.
- [51]. HARLEY, A. D.; GILKES, R. J. Factors influencing the release of plant nutrient elements from silicate rock powders: A geochemical overview. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Netherlands, v. 56, n. 1, p.11-36, Jan. 2000.
- [52]. HAYAT, R.; ALI, A.; AMARA, U.; KHALID, R.; AHMED, I. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Ann Microbiol*, Germany, v. 60, n. 4, p. 579- 598, Aug. 2010.
- [53]. HUNGRIA, M.; URQUIAGA, S. Transformações microbianas de outros elementos (potássio, micronutrientes e metais pesados). *In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Eds.). Microbiologia do Solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo,1992. Cap. 23, p. 329-340.
- [54]. IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), 2017. Disponível em:[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Tabelas_xls/2018/lspa_201801_02.xls](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Tabelas_xls/2018/lspa_201801_02.xls). Acesso em: 21 mar. 2019.
- [55]. INÁCIO, C. T; MILLER, P. R. M. Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.
- [56]. JOHJIMA, T. Carotene synthesis and coloring in tomato fruits of various genotypic lines. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, Kioto, v. 63, n. 1, p. 109 - 114, jan./mar.1994.
- [57]. KANAI, S.; OHKURA, K.; ADU-GYAMFI, J. J.; MOHAPATRA, P. K.; NGUYEN, N. T.; SANEOKA, H.; FUJITA, K. Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. *Journal of Experimental Botany*, Lancaster, v. 58, n. 11, p. 2917-2928, July 2007.
- [58]. KAPRI, A.; TEWARI, L. Phosphate solubilization potential and phosphatase activity of rizospheric *Trichoderma* spp. *Brazilian Journal of Microbiology*, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 787-795, Feb. 2010.
- [59]. KHATOUNIAN, C. A. A reconstrução ecológica da agricultura. Botucatu: Ed. Muccio & Associado, 2002. 345 p.
- [60]. LAL, S.; TABACCHIONI, S. Ecology and biotechnological potential of *Paenibacillus polymyxa*: a minireview. *Indian Journal Microbiology*, India, v.49, n. 1, p. 2-10, Apr. 2009.
- [61]. LARRY, D. R.; JOANNE, A. L. Genetic resources of tomato. *In: RAZDAN, M. K.; MATOO, A. K. (Eds.). Genetic improvement of solanaceous crops: tomato*. Enfield: Science publishers, 2006. v. 2, cap. 2, p. 25-76.
- [62]. LIAN, B.; WANG, B.; PAN, M.; LIU, C.; TENG, H. H. Microbial release of potassium from K-bearing minerals by thermophilic fungus *Aspergillus fumigatus*. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, United Kingdom, v. 72, n. 1, p. 87-98, Jan. 2008.
- [63]. LIMA, P. A. L. de; BRUNINI, M. A.; KANESIRO, L. A.; KANESIRO, J. C.; MACIEL JÚNIOR, V. A.; COLOMBO, R. B. Perfil do consumidor de produtos orgânicos na cidade de São Joaquim da Barra / SP. *Nucleus*, Ituverava, v. 8, n. 1, p. 67-80, abr. 2011.
- [64]. LIU, M.; HU, F.; CHEN, X.; HUANG, Q.; JIAO, J.; ZHANG, B.; LI, H. Organic amendments with reduced chemical fertilizer promote soil microbial development and nutrient availability in a subtropical paddy field: the influence of quantity, type and application time of organic amendments. *Applied Soil Ecology*, Netherlands, v. 42, n. 02, p. 166-175, June 2009.
- [65]. LOPES, A. S. Manual internacional de fertilidade do solo. Tradução e Adaptação. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1998. 177 p.
- [66]. LOPES, A. S.; SILVA, C. A. P.; BASTOS, A. R. R. Reservas de fosfatos e produção de fertilizantes fosfatados no Brasil e no mundo. *In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). Fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba: POTAFOS, 2004. p. 13-34.
- [67]. LOPES, O. M. M.; CARRILHO, E. N. V. M.; LOPES-ASSAD, M. L. R. C. Effect of rock powder and vinasse on two types of soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 1547-1557, Sept./Oct. 2014.
- [68]. LOPES-ASSAD, M. L.; ROSA, M. M.; ERLER, G.; CECCATO-ANTONINI, S. R. Solubilização de pó-de-rocha por *Aspergillus niger*. *Espaço & Geografia*, Brasília, v. 9, n.1, p. 1-17, jun. 2006.
- [69]. LOPES-ASSAD, M. L.; ROSA, M. M.; CARVALHO, J. R. P.; CECCATO-ANTONINI, S. R. The solubilization of potassium bearing rock powder by *Aspergillus niger* in small-scale batch fermentations. *Canadian Journal of Microbiology*, Canada, v. 56, n. 7, p. 598-605, July 2010.
- [70]. LUZ, J. M. Q.; SHINZATO, A. V.; SILVA, M. A. D. Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 7-15, Apr./June 2007.

- [71]. MACGIFFEN JÚNIOR, M. E.; MASIUNAS, J. B.; HUCK, M. G. Tomato and nightshade (*Solanum nigrum* L. and *S. ptycanthum* Dun.) effects on soil water content. *Journal of the American Society for Horticultural Science, United States*, v. 117, n. 5, p. 730-735, Sept. 1992.
- [72]. MAFFEI, D. F.; SILVEIRA, N. F. de A.; CATANOZI, M. P. L. M. Microbiological quality of organic and conventional vegetables sold in Brazil. *Food Control, Netherlands*, v. 29, n. 1, p. 226-230, Jan. 2013.
- [73]. MALAVOLTA, E. Elementos de Nutrição mineral de Plantas. Piracicaba: Ceres, 1980. 215p.
- [74]. MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubação. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 596p.
- [75]. MALTA, A. O. de; PEREIRA, W. E.; TORRES, M. N. N.; MALTA, A. O. de; SILVA, E. S. DA; SILVA, S. I. A. DA. Atributos físicos e químicos do solo cultivado com gravioleira, sob adubação orgânica e mineral. *PesquisAgro, Confresa*, v. 2, n. 1, p. 11-23, 28 jun. 2019.
- [76]. MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B., (Ed.) Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Hortaliças, 2000. p. 60-71.
- [77]. MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A.; ZOLNIER, S. Variabilidade espacial do sistema radicular do tomateiro e implicações no manejo da irrigação em cultivo sem solo com substratos. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v. 23, n. 1, p. 1-6, Jan./Mar. 2005.
- [78]. MARSCHNER, P. Mineral nutrition of higher plants. 3 ed. Londres: Academic Press, 2012. 672 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9>. Acesso em: 15 jan. 2020.
- [79]. MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, C. G.; RESENDE, A. V.; MATOS, M. S. F. Agrominerais: Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. In: Luz, A. B.; Lins, F. F. (Eds.) – Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 205-223.
- [80]. MARTINS, E. S.; THEODORO, S. H. (Eds.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2009, Brasília. Anais... Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 322 p. 2010.
- [81]. MARTINS, V.; SILVA, D. R. G.; MARCHI, G.; LEITE, M. C. A.; MARTINS, E. de S.; GONÇALVES, A. S. F.; GUILHERME, L. R. G. Effect of alternative multinutrient sources on soil chemical properties. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v. 39, n. 1, p. 194-204, Jan./Feb. 2015.
- [82]. MATTEDI, A. P.; SOARES, B. O.; ALMEIDA, V. S.; GRIGOLLI, J. F. J.; DA SILVA, L. J.; DA SILVA, D. J. H. Introdução à cultura do tomateiro. In: DA SILVA, D. J. H.; DO VALE, F. X. R. (Ed.) Tomate: tecnologia de produção. Viçosa: Suprema, 2007. 355 p.
- [83]. MEENA, V. S.; MAURYA, B. R.; VERMA, J. P. Does a rhizospheric microorganism enhance K⁺ availability in agricultural soils? *Microbiological Research, Germany*, v. 169, n. 5-6, p. 337-347, May/June. 2014.
- [84]. MEENA, V. J.; MAURYA, B. R.; VERMA, J. P.; SWAROOP, R. (Eds.) Potassium
- [85]. Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture. Springer: India, 2016. 338 p.
- [86]. MELO, J. M. M. C.; GUILHOME, P. D.; NASCIMENTO, K. de O. do; BARBOSA JÚNIOR, J. L.; BARBOSA, M. I. M. J. Aspectos microbiológicos e informação nutricional de milho de tomate orgânico oriundo da agricultura familiar. *Braz. J. Food Technol., Campinas*, v. 15, n. espec., p. 18-22, 2012.
- [87]. MELLO, S. C.; VITTI, G. C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v. 20, n. 2, p. 200-206, jun. 2002.
- [88]. MINHONI, M. T. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; EIRA, A. F. Efeito de cinco tipos de
- [89]. material orgânica na solubilização microbiana de fosfato de rocha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, v.15, n. 1, p.29-35, 1991.
- [90]. MORALES, R. G. F. (Org.) Tomatorg: sistema Orgânico de Produção de Tomates em Santa Catarina. Florianópolis, SC: Epagri, 2019. 176 p. (Epagri. Sistemas de Produção, 53).
- [91]. MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.
- [92]. NAIKA, S.; JEUDE, J. V. L.; GOFFAU, M.; HILMI, M.; DAM, B. V. A Cultura do tomate. *Agrodok 17. Wageningen : Fundação Agromisa e CTA, Wageningen*, 2006. 104 p.
- [93]. NASCIMENTO, M.; LOUREIRO, F. E. L. Fertilizantes e sustentabilidade: o potássio na agricultura brasileira, fontes e rotas alternativas. Rio de Janeiro: CETEM: MCT, 2004. 66 p. (Estudos e Documentos, 61).
- [94]. NASSUR, R. C. M. R.; VILAS BOAS, E. V. B.; RESENDE, F. V. Doses de composto orgânico e sua influência na manutenção da qualidade de tomates. *Revista de Ciências Agrárias, Recife*, v. 58, n. 4, p. 342-348, out./dez. 2015.

- [95]. NAUTIYAL, C. S. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiology Letters*, Amsterdam, v. 170, n. 1, p. 265-270, Jan. 1999.
- [96]. NICK, C.; SILVA, D. J. H. da. A Cultura. In: NICK, C; SILVA, D. J. H. da; BORÈM, A. (Ed.) *Tomate: do plantio à colheita*. Viçosa: UFV, 2018. 237 p.
- [97]. NOBRE, L. L. S.; ARAÚJO, F. S. D.; DANTAS, A. P. A.; LEITE, J. Y. P. Análise do Rejeito de Cerâmica Vermelha e sua Aplicação como Fonte de Potássio na Agricultura. *Holos*, Natal, v. 5, n. 27, p. 3-9, Dez. 2011.
- [98]. NOVAIS, R. F.; VENEGAS, V. H. A.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. 1017 p.
- [99]. OLIVARES, F. Bactérias promotoras de crescimento vegetal. *Boletim Informativo da SBCS*, Viçosa, v. 32, n. 1, p.33-35, Jan./Abr. 2009.
- [100]. OLIVEIRA, M. P.; MALAGOLLI, G. A.; CELLA, D. Mercado de fertilizantes: dependência de importações do Brasil. *Revista Interface Tecnológica*, Taquaritinga, v. 16, n.1, p.489-498, Jun. 2019.
- [101]. PARMAR, P.; SINDHU, S. S. Potassium Solubilization by Rhizosphere Bacteria: Influence of Nutritional and Environmental Conditions. *Journal of Microbiology Research*, Rosemead, v. 3, n. 1, p. 25-31, Oct. 2013.
- [102]. PEREIRA, D. C.; WILSEN NETO, A.; NÓBREGA, L. H. P. Adubação orgânica e algumas aplicações agrícolas. *Revista Varia Scientia Agrárias*, Cascavel, v. 03, n. 02, p. 159-174, jul./dez. 2013.
- [103]. PEREIRA NETO, J. T. *Manual de Compostagem: processo de baixo custo*. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 81 p. (Série soluções).
- [104]. PILLAY, V. J.; NOWAK, J. Inoculum density, temperature, and genotype effects on in vitro growth promotion and epiphytic and endophytic colonization of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) seedlings inoculated with a pseudomonad bacterium. *Canadian Journal of Microbiology*, Ottawa, v. 43, n. 4, p. 354-361, Apr.1997.
- [105]. PRADHAN, N.; SUKLA, L. B. Solubilization of inorganic phosphates by fungi isolated from agriculture soil. *African Journal of Biotechnology*, Nairobi, v. 5, n.10, p.850-854, Apr. 2005.
- [106]. PRAJAPATI, K. B.; MODI, H. A. Isolation and characterization of potassium solubilizing bacteria from ceramic industry soil. *CIBTech Journal of Microbiology*, Jaipur, v. 1, n. 1/2, p. 8-14, Jan. 2012.
- [107]. PRIYADHARSINI, P.; MUTHUKUMAR, T. Insight into the Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Sustainable Agriculture. In: THANGAVEL, P. & SRIDEVI, G. *Environmental Sustainability: role of Green Technologies*. India: Springer, 2015. p. 3-37.
- [108]. RAJAPAKSHA, R. M. C. P.; HERATH, D.; SENANAYAKE, A. P.; SENEVIRATHNE, M. G. T. L. Mobilization of rock phosphate phosphorus through bacterial inoculants to enhance growth and yield of wetland rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 42, n. 3, p. 301-314, Feb. 2011.
- [109]. REICHEERT, L. J.; CASALINHO, H. D. Produção de hortaliças em cultivo protegido com uso de técnicas de base ecológica viabilizando pequena propriedade familiar. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 4236-4239, Nov. 2009.
- [110]. REIS, L. S.; SOUZA, J. L. de; AZEVEDO, C. A. V. de; LYRA, G. B.; FERREIRA JUNIOR, R. A.; LIMA, V. L. A. Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.16, n.7, p.739-744, Jul. 2012.
- [111]. REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A. V.; ALBUQUERQUE, A. W.; SILVA JUNIOR, J. F. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.17, n.4, p.386-391, abr. 2013.
- [112]. REISSER JÚNIOR, C. Alterações físicas em ambientes de estufa plástica e seus 35 efeitos sobre as condições hídricas e o crescimento do tomateiro. 2002. 160 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- [113]. RESENDE, A. V.; MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, C. G.; SENA, M. C.; MACHADO, C. T. T.; KINPARA, D. I.; OLIVEIRA FILHO, E. C. Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas "in natura" na agricultura brasileira. *Espaço e Geografia*, Brasília, v. 9, n. 1, p. 19-42, jun. 2006.
- [114]. SANTOS, A. A. do E.; LIMA, J. S.; CARVALHO, G. C. de. Técnicas de aplicação de composto orgânico, proveniente de resíduos urbanos domésticos, no desenvolvimento vegetal. *SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 7., 2002, Vitória. Anais [...]. Vitória: ABES, 2002.
- [115]. SCHRÖDER, J. J.; CORDELL, D.; SMIT, A. L.; ROSEMARIN, A. Sustainable use of phosphorus. Wageningen: Plant Resource International, 2010. 122 p.
- [116]. SCHUELER, T. A.; DOURADO, M. L.; RIZZO, A. C. L. PROCESSOS BIOTECNOLÓGICOS PARA A SOLUBILIZAÇÃO DE ROCHAS FOSFÁTICAS – O ESTADO DA ARTE. RIO DE JANEIRO: CETEM/MCTIC, 2019. 45P. IL. (SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL, 102).

- [117]. SHENG, X. F.; HE, L. Y. Solubilization of potassium-bearing minerals by a wild type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. *Canadian Journal of Microbiology*, Ottawa, v. 52, n. 1, p. 66-72, Feb.2006.
- [118]. SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Ed.). *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 1997. p. 467-524.
- [119]. SILVA, A. A. S. Caracterização de Flogopitito da Bahia para Uso como Fertilizante Alternativo de Potássio. 2009. 97 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- [120]. SILVA, J. A. C. da.; COSTA, J. P. V. da.; REIS, L. S.; BASTOS, A. L.; LIMA, D. F. de. Nutrição do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) em função de doses de fertilizantes orgânicos. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 22, n. 3. p. 242-253, jul./set. 2009.
- [121]. SILVA, U. C.; GOMES, A. E.; PAIVA, C. A. O.; DIAS, F. E. S.; FRADE, Y. S.; MARRIEL, I. E. Biossolubilização de fonolito por micro-organismos do solo solubilizadores de potássio. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 8., 2011, Poços de Caldas. Anais [...]. Poços de Caldas: GSC, 2011.
- [122]. SILVA, D. R. G.; MARCHI, G.; SPEHAR, C. R.; GUILHERME, L. R. G. REIN, T. A.; SOARES, D. A.; ÁVILA, F. W. Characterization and nutrient release from silicate rocks and influence on chemical changes in soil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 951-962, May/June 2012.
- [123]. SILVA, U. C.; MARRIEL, I. E.; PAIVA, C. A. de O.; GOMES, E. A.; RESENDE A. V. de; LANA, U. G. de P. Biossolubilização de potássio in vitro a partir da rocha fonolito por microrganismos do solo. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo-Documents (INFOTECA-E), 2015.
- [124]. SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Solubilização de fosfatos por microrganismos na presença de fontes de carbono. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 311-319, Apr./June 2000.
- [125]. SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1495-1508, dez. 2001.
- [126]. SOUCHIE, E. L.; AZCÓN, R.; BAREA, J. M.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Solubilização de fosfatos em meio sólido e líquido por bactérias e fungos do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1149-1152, nov. 2005.
- [127]. SOUCHIE, E. L.; AZCÓN, R.; BAREA, J. M.; SAGGIN-JUNIOR, O. J.; SILVA, E. M. R. Phosphate solubilization and synergism between P-solubilizing and arbuscular mycorrhizal fungi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 9, p. 1405-1411, 2006.
- [128]. SOUCHIE, E. L.; ABOUD, A. C. S. Solubilização de fosfato por microrganismos rizosféricos de genótipos de Guandu cultivados em diferentes classes de solo. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 28, n. 1, 11-18, jan./mar. 2007.
- [129]. SOUZA, J. L. de. *Agricultura orgânica: tecnologias para produção de alimentos saudáveis*. Vitória :Incaper, 2005. 257 p.
- [130]. SOUZA, A. E.; FONSECA, D. S. Economia Mineral do Brasil: Fósforo: mineração para o Agronegócio. DNPM, v.7. 2009. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/conteúdo.asp>. Acesso em: 14 jan. 2020.
- [131]. SOUZA, M. E. P.; CARVALHO, A. M. X.; DELIBERALI, D. C.; JUCKSH, I.; BROWN, G. G.; MENDONÇA, E. S.; CARDOSO I. M. Vermicomposting with rock powder increases plant growth. *Applied Soil Ecology*, Netherlands, v. 69, n. 1, p. 56-60, July 2013.
- [132]. SRIDEVI, M.; MALLAIAH, K. V. Phosphate solubilization by Rhizobium strains. *Indian Journal of Microbiology*, India, v. 49, n. 1, p. 98-102, Mar. 2009.
- [133]. STAMFORD, N. P.; SIMÕES NETO, D. E.; FREITAS, A. D. S.; OLIVEIRA, E. C. A.; OLIVEIRA, W. S.; CRUZ, L. Rock biofertilizer and earthworm compost on
- [134]. sugarcane performance and soil attributes in two consecutive years. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 73, n. 1, p. 29-33, Jan./Feb. 2016.
- [135]. STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. New York: Wiley & Sons, 1999. 427 p.
- [136]. STEVERSON, F. J. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. 2 ed. New York: John Willey, 1994, 496p.
- [137]. SUN, G. Y.; DENG, S. P.; RAUN, W. R. Bacterial community structure and diversity in a century old manure treated agroecosystem. *Applied and Environment Microbiology*, Washington, v. 70, n. 10, p. 5868-5874, Oct. 2004.
- [138]. TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

- [139]. TEIXEIRA, A. M. S.; SAMPAIO, J. A.; GARRIDO, F. M. S.; MEDEIROS, M. E. Technological Characterization of Phonolite Rock to be Applied as Source of Nutrients to the Brazilian Agriculture. The Minerals, Metals & Materials Society – Extraction & Processing. [S.l.:s.n.], 2011. v. 1. p. 81-86.
- [140]. TSAI, S. M.; ROSSETTO, R. Transformações microbianas do fósforo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Ed.). Microbiologia do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 231-242.
- [141]. USGS. US. Geological survey-Mineral Commodity Summaries. Feb. 2019. Disponível em: <https://prd-wret.s3-us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/atoms/files/mcs-2019-phosp.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2020.
- [142]. VAN STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 78, p. 731-747, Dec. 2006.
- [143]. VAN STRAATEN, P. Potassium. In: VAN STRAATEN, P. Agrogeology: the use of rocks for crops. Canadá: Enviroquest Ltd., 2007. cap. 5, p. 165-200.
- [144]. VERMA, S. C.; LADHA, J. K. Evaluation of plant growth promoting and colonization
- [145]. ability of endophytic diazotrophs from deep water rice. Journal of Biotechnology, Netherlands, v. 91, n. 2-3, p. 127-141, Oct. 2001.
- [146]. ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. Horticultura Brasileira, Vitória da Conquista, v. 32, n. 1, p. 14-20, Jan./Mar. 2014.
- [147]. WANG, Y.; SHI, Y.; LI, B.; SHAN, C.; IBRAHIM, M.; JABEEN, A.; XIE, G.; SUN, G. Phosphate solubilization of *Paenibacillus polymyxa* and *Paenibacillus macerans* from mycorrhizal and non-mycorrhizal cucumber plants. African Journal of Microbiology Research, Nigeria, v. 6, n. 21, p. 4567-4573, June 2012.

Capítulo 9

*Adubação fosfatada no desenvolvimento de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L)*

Pedro Sávio Alves Ferreira

Jacqueline de Oliveira

Alex Soares Silva

Wilson Araújo da Silva

Cristiane Matos da Silva

Resumo: Os solos brasileiros apresentam baixos teores de fósforo (P), principalmente devido ao material de origem e a forte interação com o solo. Considerando a Lei do Mínimo, a produtividade de uma espécie vegetal fica limitada ao nutriente menos disponível no solo. Diante da importância do fósforo e da carência de estudos de espécies nativas em relação à resposta à adubação fosfatada, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes doses de adubação fosfatada no crescimento e desenvolvimento inicial de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, contendo 5 tratamentos e 5 repetições, no qual cada tratamento recebeu uma dose diferente de fósforo, sendo elas: 0 mg.dm³ para T₀, 0,255 mg.dm⁻³ para T₁, 0,510 mg.dm⁻³ para T₂, 0,765 mg.dm⁻³ para T₃ e, 1,020 mg.dm⁻³ para T₄. Em seguida as mudas foram levadas para a casa de vegetação, onde permaneceram cerca de 34 dias, sendo regadas diariamente, duas vezes ao dia, no início da manhã e no final da tarde, totalizando 63 mL.dia⁻¹ de água, de forma a suprimir a demanda hídrica das mudas. Foram avaliadas à altura (H) o diâmetro do colo (DC), a massa seca de raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca de parte aérea (MFPA). Os dados experimentais foram analisados e comparados pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade ($P < 0,05$), por meio do Software R. Considerando o protocolo adotado Os autores concluem que a adição de fósforo no desenvolvimento das mudas de jatobá influenciou o crescimento do diâmetro do colo (DC), ressaltam a importância da correta adubação das mudas em uma fase inicial para seu pleno desenvolvimento.

Palavras-Chave: Fertilidade. Crescimento. Nativas.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por recursos renováveis é cada vez mais crescente, principalmente por recursos florestais, como espécies nativas para produção de mudas destinadas à restauração de florestas, recuperação de áreas degradadas e de matas ciliares (KELLER et al., 2009; VARGAS et al., 2011). Dentre as espécies de interesse, destaca-se o jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) da família Fabaceae (Caesalpinieae) pelo seu elevado valor comercial, sendo que, seu produto mais comercializado é madeira destinada a construção civil e a indústria de móveis, além de outros usos como produção de alimentos, fármacos, recuperação de áreas, entre outros (GONZAGA et al., 2016).

Devido à demanda, aumentou-se a procura por mudas de qualidade e de padrões técnicos que envolvam a redução do tempo da muda em viveiro e seu bom desempenho em campo (ARAÚJO et al., 2018). Entre esses padrões, destaca-se a adubação, que proporciona uma boa nutrição as mudas acelerando seu crescimento e desenvolvimento na fase de viveiro, além, de uma maior resistência a possíveis condições adversas após o plantio (ANDRADE et al., 2018). Desse modo, a nutrição é um fator imprescindível para obtenção de mudas de qualidade.

De maneira geral, o fósforo (P) é um dos principais nutrientes que limitam o crescimento das plantas, atuando em diversos processos fisiológicos como crescimento e formação de raízes, melhora a eficiência do uso da água, participa também dos processos de respiração, fotossíntese e divisão celular (LOPES, 1989; TAIZ; ZEIGER, 2013). Por outro lado, sua deficiência, provoca crescimento irregular, tanto na parte área quanto nas raízes das mudas, retardando seu desenvolvimento (SANTOS et al., 2006). Portanto, o suprimento adequado de fósforo, é essencial desde os estágios iniciais de desenvolvimento das plantas.

No entanto, os solos brasileiros, em geral, são deficientes em fósforo devido ao intenso intemperismo. Essa deficiência, é explicada pela forte interação do fósforo com outros elementos presentes nos solos, sendo adsorvidos principalmente pelos óxidos de ferro e alumínio em solos ácidos ou precipitados por cálcio em solos mais alcalinos (FERNANDES et al., 2000; LEITE et al., 2017). Trata-se, portanto, de um dos nutrientes mais usados em adubação, devido a sua baixa disponibilidade natural.

A necessidade de desenvolver pesquisas referentes ao requerimento nutricional das espécies florestais, são imprescindíveis para seu correto manejo, porém as informações ainda são escassas e insuficientes, devido ao variado número de espécies que existem nos diferentes biomas do Brasil, dessa forma, é inexistente uma recomendação específica para cada espécie, sendo com isso necessárias mais investigações sobre essas exigências nutricionais (BERTI et al., 2017).

Diante da importância do fósforo e dos estudos das espécies nativas, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes doses de adubação fosfatada no crescimento e desenvolvimento inicial de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de agosto de 2019 a fevereiro de 2020, no Laboratório de Irrigação, Hidráulica e Hidrologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão em estufas da própria Universidade, cujas coordenadas geográficas corresponde a latitude 5° 32' 7.91"S; longitude 47° 29' 0.23"W, situada no município de Imperatriz -MA.

Foram utilizadas sementes de *Hymenaea courbaril* L. compradas por meio da Rede Sementes do Portal da Amazônia. Para a realização do experimento, foram utilizadas 25 sementes, que foram elas foram submetidas ao corte do tegumento como tratamento pré-germinativo, após esse processo, foram dispostas para germinar durante 17 dias, em substrato comercial bioplant, a uma profundidade de aproximadamente 2 cm, em vasos de polietileno de 1,7 litros.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, contendo 5 tratamentos e 5 repetições, no qual cada tratamento recebeu uma dose diferente de fósforo, sendo elas: 0 mg.dm⁻³ para T₀, 0,255 mg.dm⁻³ para T₁, 0,510 mg.dm⁻³ para T₂, 0,765 mg.dm⁻³ para T₃ e, 1,020 mg.dm⁻³ para T₄.

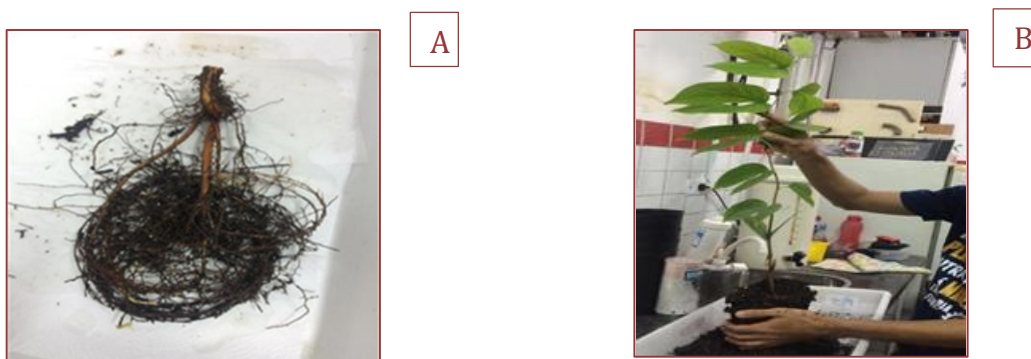
Em seguida as mudas foram levadas para a casa de vegetação, onde permaneceram cerca de 34 dias, sendo regadas diariamente, duas vezes ao dia, no início da manhã e no final da tarde, totalizando 63 mL.dia⁻¹ de água, de forma a suprimir a demanda hídrica das mudas.

Após este período, as mudas foram avaliadas quanto à altura (H), utilizando régua graduada em centímetros, medindo da base da superfície do solo até inserção da última folha, diâmetro do colo (DC) das mudas, com auxílio de um paquímetro digital. Para avaliação da biomassa, as mudas foram retiradas dos

substratos (Figura 1B) e o material vegetal subdividido em raiz e parte aérea. O material vegetal foi lavado em água destilada e colocado para secar em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, permanecendo nesta por 72 horas até atingirem peso constante.

Posteriormente, o material seco foi pesado em balança analítica de precisão, para determinação da massa seca de raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) nos diferentes tratamentos, sendo que, o peso da massa seca total (MST) foi obtido pela soma da MSR e da MSPA.

Figura 1- Raiz em destaque (A), material vegetal fora do substrato (B).



Fonte – Autores (2020).

Os dados experimentais foram analisados e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($P < 0,05$), por meio do Software R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 1), somente diâmetro do colo apresentou diferença ($P < 0,05$) pelas diferentes dosagens de fósforo, sendo possível observar na tabela que não houve diferença expressiva entre as demais variáveis.

Tabela 1- Altura (H), diâmetro do colo (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), massa seca de raiz (MSR) de mudas de *Hymenaea courbaril* L. submetidas a diferentes dosagens de fósforo.

Variáveis mensuradas						
Trat.	H (cm)	DC (mm)	MSPA (g)	MFPA (g)	MFR (g)	MSR (g)
T0	60,30 a	5,88 b	6,76 a	17,01 a	16,76 a	4,76 a
T1	63,22 a	7,73 a	8,44 a	19,84 a	19,34 a	5,51 a
T2	60,47 a	7,42 a	7,39 a	17,30 a	18,23 a	4,89 a
T3	55,90 a	6,55 ab	6,50 a	15,16 a	13,04 a	3,44 a
T4	58,04 a	6,99 b	8,06 a	19,84 a	15,27 a	4,00 a

*Médias seguidas de mesma letra não difeririam entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). T₀ (0 mg.dm⁻³ de fósforo), T₁ (0,255 mg.dm⁻³), T₂ (0,510 mg.dm⁻³), T₃ (0,765 mg.dm⁻³) e T₄ (1,020 mg.dm⁻³).

As variáveis H, MSPA, MFPA, MFR, MSR não apresentaram diferença significativa no presente estudo, conforme apresentado na Tabela 1. A ausência de respostas significativas entre estas variáveis, pode estar associada as características da própria espécie, ou seja, espécies pertencentes à grupo sucessionais mais

avanzados como o jatobá, espécie pertencente ao grupo clímax, tendem a apresentar uma menor demanda por nutrientes na sua fase inicial de desenvolvimento, o que pode ser atribuído a uma maior adaptabilidade a solos pouco férteis e também ao seu desenvolvimento mais lento (RESENDE et al., 1999).

O fósforo é um nutriente essencial, sua disponibilidade influencia diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas. Utilizado como substrato, suas diferentes dosagens, apresentam resultados variados nas mudas. Schumacher et al. (2004) afirma que a utilização do fósforo apresentou resultados positivos para as variáveis: parte aérea, biomassa radicular e biomassa total, para a espécie analisada em seu estudo. Freiburger et al. (2014) ressalta a importância da adubação fosfatada no desenvolvimento inicial das mudas, visto que, a espécie estudada por ele, apresentou bons resultados.

O diâmetro do colo (DC), foi a única variável que apresentou diferenças estatísticas, de acordo com a Tabela 1, se compararmos aos demais tratamentos, pode-se observar que a adição do fósforo contribuiu para o aumento do diâmetro das mudas. Em um estudo realizado por Adami; Hebling (2005) em que foram analisadas diferentes dosagens de fósforo para a espécie *Schizolobium parahyba*, observou-se que não houve diferença significativa na variável diâmetro do colo (DC).

O tratamento (T1) apresentou os maiores resultados, dessa maneira pode-se concluir que a quantidade de fósforo (0,255 mg.dm⁻³), utilizada na adubação foi benéfica para o crescimento das plântulas, respondendo positivamente em todas as variáveis. Analisando a variável altura, podemos observar que a mesma variou entre 55,90 e 60,47 cm. Uniformemente a este raciocínio Alves et al. (2015) em seu estudo afirma que a adubação fosfatada apresentou resultados positivos nas variáveis altura da planta e no aumento do diâmetro.

4. CONCLUSÕES

Os autores concluem que a adição de fósforo no desenvolvimento das mudas de jatobá influenciou o crescimento do diâmetro do colo (DC), ressaltam a importância da correta adubação das mudas em uma fase inicial para seu pleno desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- [1]. ADAMI, C.; HEBLING, S. A. Efeitos de diferentes fontes de fósforo no crescimento inicial de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake. *Natureza on line*. 3(1): 13-18. [online] <http://www.naturezaonline.com.br>. 2005.
- [2]. ARAÚJO, C. S. de; BEZERRA, J. L. S.; NETO, R. de; C. A.; LUNZ, A. M. P.; NOGUEIRA, S. R.; SANTOS, R. S. dos. Crescimento de mudas de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) submetidas a fontes de fósforo. In: Embrapa Acre-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO DE PROPAGAÇÃO DE PLANTAS E PRODUÇÃO DE MUDAS, 2., 2018, Águas de Lindóia. Qualidade e tecnologia visando sustentabilidade: anais. Campinas: IAC, 2018., 2018.
- [3]. ANDRADE, R. H. M. de; FREITAS, E. C. S. de; PAIVA, H. N. de; MEDEIROS, R. A. de. Adubação fosfatada na produção de mudas de *Cassia ferruginea* e *Cassia grandis*. *Nucleus*, v. 15, n. 1, p. 41-50, 2018.
- [4]. ALVES, J. D. N.; SOUZA, F. C. A. de; OLIVEIRA, M. L. de; OLIVEIRA, M. C. M. D. A.; OKUMURA, R. S. Fontes de fósforo no crescimento inicial de jatobá-do-cerrado. *Nucleus*, v. 12, n. 2, p. 299-307, 2015.
- [5]. BERTI, C. L. F.; KAMADA, T.; SILVA, M. P. da; MENEZES, J. F. S.; OLIVEIRA, A. C. S. Crescimento de mudas de baru em substrato enriquecido com nitrogênio, fósforo e potássio. *Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas*, v. 26, n. 2, p. 191-202, 2017.
- [6]. FERNANDES, L. A.; NETO, A. E. F.; FONSECA, F. C.; VALE, F. R. do. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 6, p. 1191-1198, 2000.
- [7]. FREIBERGER, M. B.; GUERRINI, I. A.; CASTOLDI, G.; PIVETTA, L. G. Adubação fosfatada no crescimento inicial e na nutrição de mudas de pinhão-manso (1). *Revista Brasil Ciência do Solo* [online], vol.38, n.1, p.232-239, 2014.
- [8]. GONZAGA, L. de; M.; SILVA, S. S. da; CAMPOS, S. de; A.; FERREIRA, R. de; P.; CAMPOS, A. N. da; R.; CUNHA, A. C. M. C. M. da. Recipientes e substratos na produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 6, n. 1, 2016.
- [9]. KELLER, L.; LELES, P. S. S.; NETO, S. N. O.; COUTINHO, R. P.; NASCIMENTO, D. F. Sistema de blocos prensados para produção de mudas de três espécies arbóreas nativas. *Rev. Árvore*, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 305-314, Apr. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622009000200012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 Jun. 2020 <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000200012>.
- [10]. LOPES, A. S. *Manual de fertilidade do solo*. Piracicaba: Fundação Cargill, 1989. 177 p.

- [11]. LEITE, R. C.; CARNEIRO, J. S. S.; FREITAS, G. A.; CASALI, M. E.; SILVA, R. R. Adubação fosfatada na soja durante três safras consecutivas na nova fronteira agrícola brasileira. *Scientia Agraria*, v.18, n.4, p.28-35, 2017.
- [12]. RESENDE, A.V. et al. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n.11, p.2071-2081, 1999.
- [13]. SANTOS, I. P. A.; PINTO, J. C.; NETO, A. E. F.; MORAIS, A. R.; MESQUITA, E. E.; FARIA, D. J. C.; ROCHA, G. P. Frações de fósforo em gramíneas forrageiras tropicais sob fonte e doses de fósforo. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, p.961-970, 2006.
- [14]. SCHUMACHER, M. V.; CECONI, D. E.; SANTANA, C. A. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan). *Revista Árvore*. Viçosa, v. 28, n.1, jan./fev. 2004.
- [15]. TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 5ªed. Ed: Artmed. Porto Alegre. 954 p. 2013.
- [16]. VARGAS, F. S.; REBECHI, R. J., SCHORN, L. A.; FENILLI, T. A. B. Efeitos da mudança de recipiente em viveiro na qualidade de mudas de *Cassia leptophylla* Vogel, *Eugenia involucrata* DC. e de *Cedrela fissilis* Vell. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, v. 9, n. 2, p. 169-177, 2011.

Capítulo 10

Adaptação de dosadores elétricos para distribuição precisa de fertilizantes com adubadora microtratorizada³

Jusimara Andrade Santos

Wellington Gonzaga do Vale

Edson Patto Pacheco

Aurélio Lima Barreto

Adilson Machado Enes

Mariana Dias Meneses

Resumo: O presente trabalho trata da adaptação de motores elétricos e eletrônica arduino em uma adubadora microtratorizada para distribuição precisa de fertilizantes com equipamentos de pequeno porte e baixa potência. O sistema de aplicação de fertilizante do protótipo projetado conta com um sistema controlador capaz de atuar na velocidade de rotação do motor de acionamento do dosador a partir dos dados enviados pelo operador via Bluetooth, e assim, aplicar de maneira controlada o fertilizante no solo. O microcontrolador usado foi o Arduino uno que coordena os dispositivos e realiza a manipulação dos dados obtidos, além de um circuito ponte H para controle dos motores elétricos. O mecanismo dosador utilizado foi do tipo helicoidal “rosca sem fim” construído em impressora 3D e conexões em PVC para os tubos de descarga. Com o protótipo pronto foram realizados ensaios de distribuição com atuador elétrico em laboratório para validação do dosador. A equação de calibração foi determinada por meio de dados estatísticos obtidos com os testes realizados para calibração. Com o fim do trabalho pode-se concluir que o sistema de dosadores é um equipamento de pequeno porte e de fácil operação e com custo acessível para pequenos e médios produtores.

Palavras-chave: agricultura de precisão, adubação, dosador de fertilizante, arduino.

³ Trabalho já foi publicado na Scientific Electronic Archives, 14(6), 8-15.
<https://doi.org/10.36560/14620211284>

1. INTRODUÇÃO

A unidade de fertilização automatizada é considerada um fator crucial no campo da Agricultura de Precisão (AP). No entanto, existe a necessidade do desenvolvimento de sistemas automatizados para distribuição precisa de fertilizantes voltados a pequenas propriedades, mais comumente empregados ao pequeno e médio produtor rural. De modo que garantam a produtividade sejam mais simples, eficientes e apresentem um baixo custo de implementação.

A AP tem se beneficiado com a automação de máquinas e implementos agrícolas por meio do uso de sistemas eletrônicos embarcados compostos por programas de computadores, dispositivos eletrônicos e de hardware (QUEIRÓS et al, 2014). Estudos recentes demonstram que a evolução e desenvolvimento de novas tecnologias elevarão os índices de produtividade, da eficiência do uso de insumos, promoverão a redução de custos com mão de obra, a qualidade do trabalho, a segurança dos trabalhadores e a diminuição dos impactos ao meio ambiente. Por esta razão, as Tecnologias de Informação e Comunicação aplicadas à agricultura (AgroTIC) tem sido estudado como uma potencial ferramenta para a AP e automação de processos agrícolas, bem como para aplicações de fertilizantes (KHAN et al, 2018) e na dosagem de fertilizantes (GARCIA, 2007) e (XU et al., 2015).

A dosagem de fertilizantes representa uma etapa importante no processo de semeadura de qualquer cultura. Para esta operação são usadas semeadoras-adubadoras, que são máquinas que têm a função de colocar simultaneamente a semente e o fertilizante no solo. (BALASTREIRE, 1987). Em relação ao mecanismo de aplicação de fertilizantes, o sistema é composto por um mecanismo dosador. Atualmente existe no mercado o mecanismo dosador em diferentes características, sendo o mais utilizado o dosador helicoidal conhecido como “rosca sem fim” (FRANCETTO, 2012).

No mercado de semeadoras-adubadoras, muitos fabricantes utilizam como do sador de fertilizantes sólidos, modelos acionados hidraulicamente e sem controle individual, não permitindo otimizar o uso de fertilizantes aplicando dosagens exatas e precisas de acordo com as reais necessidades do solo (RASIA, 2017). Os mecanismos, no que tange a aplicação de fertilizante, se mostram pouco precisos e de difícil regulagem de operação. Sistemas de acionamento elétrico e controle eletrônico seria uma opção relevante na substituição de certos conjuntos mecânicos existentes de semeadora-adubadora (GARCIA, 2007).

Diante dos fatos apresentados e da importância da distribuição precisa de fertilizantes e percebendo a necessidade do desenvolvimento de sistemas automatizados voltados a pequenos e médios produtores rurais, o presente trabalho teve como objetivo a adaptação de dosadores elétricos em uma adubadora microtratorizada, utilizando uma plataforma arduino para automação na distribuição precisa de fertilizantes com equipamentos de baixo custo de obtenção para pequeno e médio produtor rural.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento dos dosadores elétricos para distribuição precisa de fertilizantes foi realizado no Laboratório de Automação Agropecuária (LAA), pertencente a Embrapa Tabuleiros Costeiros.

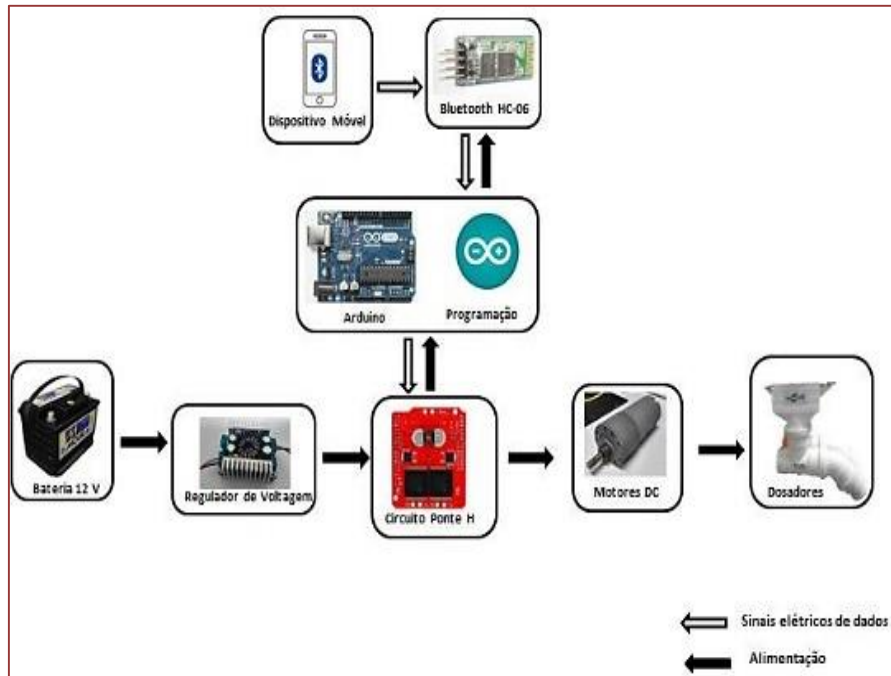
Para a adaptação proposta foi necessária a utilização de alguns dispositivos eletrônicos, sendo eles, a placa Arduino UNO que atua como núcleo do sistema, é responsável por fazer com que todos os dispositivos operem adequadamente para atingir o objetivo deste trabalho. A Ponte H é responsável pelo controle da velocidade dos motores DC, que usa o sinal PWM como entrada de tensão, mantendo o torque ainda que em baixas velocidades, o que garante partidas suaves mesmo quando há uma carga maior sobre os motores. O módulo Bluetooth fornece uma interface serial para que o microcontrolador possa enviar e receber os dados de dosagem de fertilizante em kg/ha, o aplicativo BT Terminal Free para dispositivo celular android, representa uma interface homem-máquina, permitindo que o operador informe parâmetros necessários durante a operação de aplicação de fertilizantes e também pela exibição dos dados enviados ao microcontrolador. O Regulador de voltagem com capacidade de 16 A, que aumenta a voltagem de acordo com o uso, permite realizar os testes com uma tensão de 14,5V, equivalente à tensão de saída vinda do trator, fornecendo uma tensão constante para calibração.

O mecanismo dosador utilizado foi do tipo helicoidal rosca sem fim produzido em impressora 3D, com coletores também impressos em 3D, tubos e conexões de PVC, esses foram adaptados ao depósito de adubo já existente da adubadora; além desses dispositivos há também uma bateria automotiva que fornece uma tensão de 12 V e uma capacidade de 60 Ah, usada como fonte para alimentar o circuito do sistema dosador durante os testes realizados em laboratório.

A construção dos dosadores é constituída não só dos dispositivos de hardware, mas também contém o

programa desenvolvido para o microcontrolador elaborado em linguagem C++, que realizou o controle dos motores elétricos e todos os dispositivos eletrônicos que o compõem. A Figura 1 ilustra o diagrama de montagem do sistema de dosagem proposto, que compõe os dispositivos descritos acima e a forma como que cada componente é interligado e como interagem entre si.

Figura 4 - Diagrama de montagem do Sistema de dosagem.



O primeiro passo para a adaptação física do dosador elétrico na adubadora microtratorizada, se deu na construção de um mecanismo dosador de fertilizante do tipo helicóide rosca sem fim com eixo sólido para a distribuição precisa de fertilizante.

Para o desenvolvimento deste dosador utilizou-se de uma ferramenta gratuita e online de design de modelos 3D em CAD o TINKERCAD, também usado para simulação de circuitos elétricos analógicos e digitais, desenvolvida pela Autodesk. A criação do dosador helicoidal iniciou-se com a espiral do formato do helicóide com passo de rosca de 34 mm, espessura de 2,50 mm e diâmetro de 45,79 mm. Após o desenho da espiral foi desenhado o eixo sólido no centro da helicóide com diâmetro 11,58 mm e comprimento total de 123 mm, e no centro do eixo foi desenhada uma abertura de 6 mm para o acoplamento do eixo da fonte motora.

Os materiais foram confeccionados em uma impressora 3D da marca Creality 3D® modelo Ender-3. Por se tratar da fabricação de um protótipo optou-se por este tipo de confecção devido ao tempo reduzido de produção e a redução na quantidade de material necessário comparados aos métodos tradicionais de fabricação.

O material utilizado para impressão foram filamentos de PLA (Ácido Polilático) por ser um dos materiais mais utilizados na impressão 3D. Esse material é um polímero termoplástico, e por ser derivado de fontes naturais como o milho e a cana de açúcar, é também chamado de bioplástico e possui o diferencial de ser renovável, ao contrário da maioria dos outros termoplásticos que derivam do petróleo. A Figura 2 mostra a rosca helicoidal impressa em 3D.

Figura 5 - Rosca helicoidal



Para o dimensionamento da rosca helicoidal foi utilizada a equação 1.

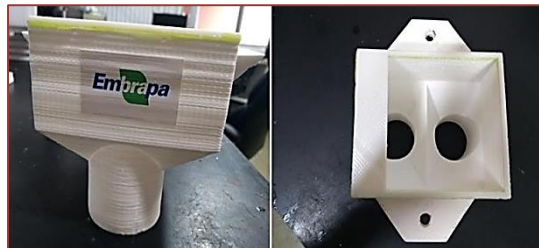
Equação 1:

$$Q = 0,006545 \times P \times (D^2 - d^2) \times R \times Pe$$

Em que: Q = a vazão do produto (g/s); D = o diâmetro maior (cm); d = o diâmetro menor (cm); R = rotação do motor em (RPM); Pe = o peso específico do produto (g/cm³); P = passo (cm).

Da mesma forma que a rosca sem fim, o coletor também foi confeccionado em impressora 3D. Com uma sessão de 10 cm x 13 cm, altura de 10,5 cm, diâmetro interno do tubo de 43 mm e diâmetro externo 51 mm. Como observado na Figura 3.

Figura 6 - Vista Frontal e Superior do Coletor.



Para os tubos de descarga, foram utilizadas conexões em Tê e Joelhos de PVC Rígido como pode ser visto na Figura 4, com DN= 50x40mm. Para vedação foi confeccionado um “cap” (tampa) impresso em 3D para fechamento do tubo de descarga e acoplamento do motor.

Figura 7 - Conexões de PVC.



Para uso do depósito já existente a adubadora foi necessário realizar uma adaptação em sua base, de modo que eliminasse a inclinação (ângulo de repouso) formada pelo adubo. Para isso, utilizou-se de um material cônico impresso em 3D, o que regularizou a dosagem para os dois dosadores. Uma peça no formato semicircular também impressa em 3D foi alocada no bocal de saída do mecanismo dosador para controle e homogeneização do fluxo de descarga do fertilizante, reduzindo os “pulsos” gerados pelo helicóide.

O software do microcontrolador foi desenvolvido para o processamento dos sinais elétricos recebidos pela placa do arduino gerados pela ponte H, módulo Bluetooth e pela saída PWM dos motores DC. O programa elaborado para o funcionamento da solução proposta deve permitir ao usuário aplicar doses de fertilizantes à TV conforme o sistema controlador varia a velocidade de rotação do motor elétrico.

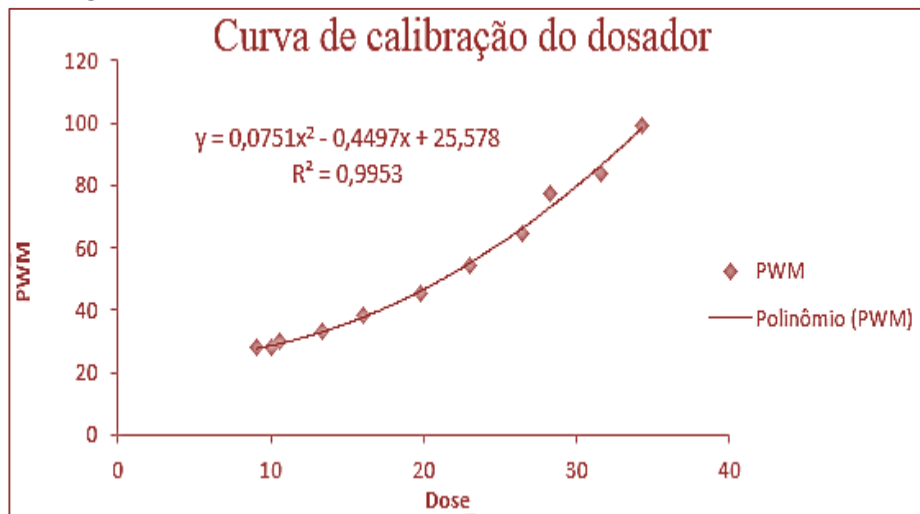
O sistema de Interface Homem Máquina (IHM) utilizado neste trabalho é composto por um dispositivo móvel e o aplicativo, “Serial Terminal BT (Free)” para comunicação via Bluetooth com o módulo Bluetooth HC-06. Esses componentes possuem dois propósitos, sendo eles, possibilitar a exibição de dados enviados para o microcontrolador e realizar a entrada de dados para acionamento do sistema.

Para a calibração dos dosadores foi coletado o fertilizante sólido de acordo com um intervalo de valores de dose já estabelecidas em função do PWM. Cada repetição foi composta por um período de coleta de 30 segundos. O tempo de coleta foi cronometrado com a utilização de um cronômetro e coletando o fertilizante com um balde. Após a coleta, o material foi pesado em uma balança de precisão e os valores transcritos em planilha eletrônica para posteriores cálculos e análises estatísticas. Para os testes de calibração foi usado o fertilizante nitrogenado YaraBela da Yara Brasil S.A, o qual permite uma distribuição homogênea. Neste ensaio com o protótipo foi utilizada apenas uma altura do nível de fertilizante no reservatório da adubadora, com o equipamento abastecido entre 40 e 50% da capacidade do reservatório, como definido pela ASAE (1995).

3. RESULTADOS E DISCURSÃO

A partir dos valores em média obtidos com os testes de distribuição de fertilizantes foi elaborado o gráfico da Figura 5, onde pode ser observada a equação de calibração mais adequada que relaciona PWM de entrada do motor DC e a vazão em g/s, para a dosagem a taxa variável de fertilizantes.

Figura 8 - Sinal PWM como entrada de tensão dos motores versus Vazão.



É possível verificar que a correlação entre os dados obtidos foi elevada com valor de R^2 de 0,9953, isso significa que a variação percentual de PWM em função da vazão é polinomial e crescente, e que representa os valores de PWM com ótima precisão, podendo ser considerado adequado para o controle dos dosadores durante operação de adubação.

Dessa forma o sinal de saída PWM foi configurado utilizando a Equação 2, de calibração do dosador usada no programa.

Equação 2:

$$PWM = ax^2 - bx - cr$$

Em que PWM é a resposta obtida pela variação dos valores codificados, os valores de „a“, „b“ e „cr“ são estimadores dos valores obtidos pelo experimento e a variável „x“ representa os valores dos fatores codificados representada na solução do programa.

Sendo x a variável da dose, a vazão (Q) é calculada pela Equação 3:

Equação 3:

$$Q = \frac{\text{Dose}}{20} \times \text{velmaq}$$

Em que a Dose (kg/ha) é a variável de entrada fornecida pelo operador via Bluetooth que considerando um espaçamento entre linhas de 5 cm é dividida por 20, obtendo a dosagem em g/m que multiplicada pela velocidade da máquina (velmaq) tem-se a vazão do produto em g/s. A velocidade da máquina para este trabalho foi considerado uma constante igual a 1,4 m/s, o que equivale a velocidade de operação do trator a 5 km/h. Posteriormente essa velocidade da máquina poderá corresponder a uma variável de entrada para velocidade via GPS.

Os resultados desse experimento para calibração dos dosadores podem ser observados na Tabela 1.

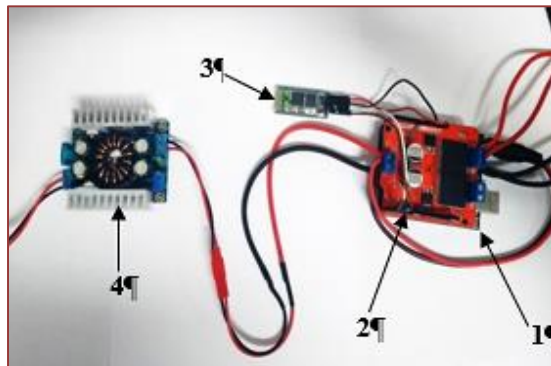
Tabela 2 - Ensaio de validação dos dosadores usado para calibração.

% de PWM	Q (g/s) RI	Q (g/s) RII	Q (g/s) RIII	Média
27,74	9,1	9,1	8,0	8,7
27,95	10,0	9,3	8,8	9,4
29,67	10,6	9,2	10,3	10,0
33,16	13,4	10,5	10,5	11,5
38,42	16,0	13,3	12,3	13,9
45,43	19,8	15,6	15,3	16,9
54,21	23,0	19,8	20,7	21,2
64,75	26,5	22,7	23,1	24,1
77,05	28,3	25,6	25,1	26,3
83,90	31,6	26,7	25,9	28,1
98,80	35,9	31,3	31,6	32,9

A primeira coluna da Tabela 1 representa os valores percentual de PWM calculado pela Equação 2 em função da Vazão. As outras colunas representam os valores de vazão do produto em (g/s) e a média obtida durante o teste com três repetições. Pode-se notar que a vazão cresce gradativamente à medida que a porcentagem de PWM aumenta como esperado.

O protótipo do dosador elétrico consistiu em um equipamento que realiza de forma automática a aplicação de fertilizantes de acordo com a dosagem estabelecida pelo operador. Para todo o dispositivo se comunicar e para ser ter uma minimização de fiação, o circuito ponte H foi acoplado em cima da placa do arduino, como pode ser observado na Figura 6.

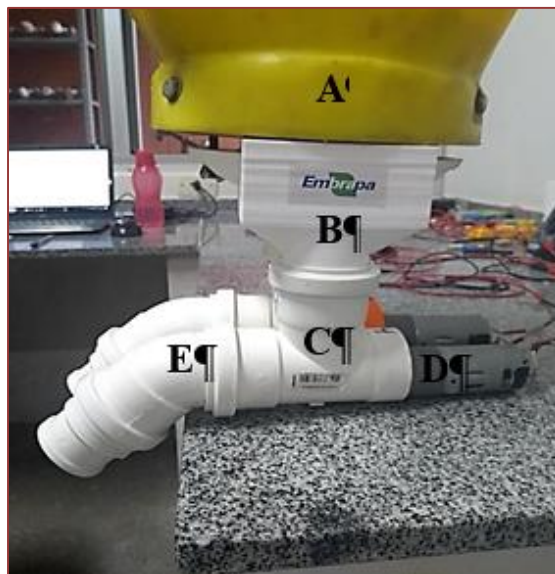
Figura 9 - Hardware do protótipo.



Ainda na Figura 6 segue a indicação dos seus componentes: 1. Microcontrolador Arduino, 2. Circuito ponte H, 3. Módulo Bluetooth e 4. Regulador de Tensão.

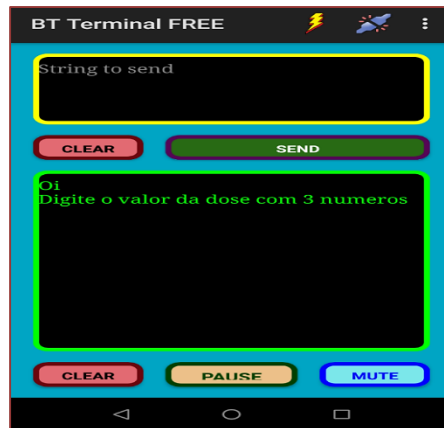
A Figura 7 apresenta a adaptação construída. Introduzindo no depósito (A) o fertilizante, desce por gravidade até o coletor (B) e chega aos dosadores que estão no interior da Conexão em Tê (C) que dependendo da rotação controlada pelo motor elétrico (D), aumenta ou diminui a vazão do fertilizante em função da rotação do motor, que segue pela conexão em joelho (E) que por transbordo descarrega o produto no solo.

Figura 10 - Dosador elétrico construído.



Com o sistema eletrônico alimentado e ligado a máquina, o módulo deve ser conectado com sucesso ao aplicativo Serial Terminal BT do dispositivo móvel. Feito isso, será exibida na tela a mensagem “Oi, digite o valor da dose com três números”, como mostrada na Figura 8. Em seguida o operador digita o valor da dose desejada em kg/ha e pressiona a tecla enviar, após essas etapas o sistema dosadores é acionado.

Figura 11 - Tela inicial de comando.



O microcontrolador atua na velocidade de rotação do motor de acionamento do dosador, utilizando os dados de velocidade definido no programa e dos dados enviados pelo operador. O sistema de controle proposto opera com a relação obtida por meio do modelo matemático do mecanismo dosador que relaciona as variáveis de entrada (Dose) com a variável de saída (Vazão).

O controle da taxa de aplicação é realizado pela variação da tensão de alimentação do motor, por meio do sinal PWM, que regula a rotação do eixo de acionamento do dosador. Esta rotação define a taxa de aplicação de fertilizante, que com a variação da rotação aumenta ou diminui a quantidade de fertilizante liberado, seguindo recomendação de aplicação da cultura em questão e com isso aplica o fertilizante no solo de maneira controlada.

A depender da dose inserida pelo operador o sistema não é acionado, uma vez que a dose tem seus limites de mínimo e máximo controlados, permitindo ao operador um valor de dosagem que variam de 50 kg/ha a 800 kg/ha, além dos valores validos do PWM.

Para esse sistema de dosadores elétricos cabe ao operador apenas informar ao sistema a dose de aplicação recomendada pelo técnico através da digitação do valor. Após acionado o sistema, a dosagem continuará até que o operador digite "000", nesse momento a liberação do fertilizante é encerrada.

Para desenvolver o código de programação do microcontrolador utilizou-se uma plataforma de código aberto Arduino Software IDE, no qual o código é escrito em uma linguagem C++. Na Figura 9 é apresentado um trecho do código de programação do protótipo.

Figura 12 – Código de programação do protótipo.

```

153 | if (dose>=50 && dose<=800) {
154 |   q = (dose/20)*velmaq;
155 |   a2x = a*(q*q);
156 |   bx = b*q;
157 |   cr = c;
158 |   pwm = a2x + bx + cr;
159 |   /*Serial.print("a=");
171 |
172 |   Serial.print("pwm=");
173 |   Serial.println(pwm);
174 |
175 |   if (pwm>=25 && pwm<=100){
176 |     motorGo(0, CW, pwm* 2.55);
177 |     motorGo(1, CW, pwm* 2.55);
178 |   }
179 | }
144 |
145 | //dose = digitado.toInt();
146 | dose = entradaBT.toInt();
147 |
148 | if (dose == 0) {
149 |   motorOff(0);
150 |   motorOff(1);
151 | }
152 |

```

A Tabela 2 apresenta os custos estimados para desenvolvimento do em protótipo, valores baseados em consultas sites de venda de eletrônicos obtidos no dia 13 de junho de 2019

Tabela 3 - Custos dos materiais.

Material	Qtd	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	% do Valor
Arduino UNO Atmega328 Rev3 R3	1	26,10	26,10	4
Conexão Joelho 45° PVC rígido	4	1,62	6,48	1
Conexão Tê curto PVC rígido	4	4,50	18,00	3
Filamento PLA rolo de 1kg	1	120,00	120,00	18
Micromotor DC	4	62,90	251,60	39
Módulo Bluetooth HC-06	1	23,99	23,99	4
Monster Moto Shield Ponte H	1	99,00	99,00	15
Pacote de fios jumpers.	1	12,99	12,99	2
Regulador de voltagem step UP	1	89,00	89,90	14
Total			648,06	100

Na Tabela 2 pode-se notar que o preço médio do conjunto de todos os equipamentos é R\$ 648,06, e grande parte do custo é devido aos motores elétricos. Ainda assim, esse custo é relativamente baixo se comparando com as máquinas utilizadas para aplicação de fertilizantes a taxa variável.

A bateria foi utilizada somente como fonte de alimentação durante os testes realizados em laboratório, sendo assim, o custo da bateria não foi incluso no orçamento, uma vez que a alimentação será acionada pelo motor do microtrator quando em campo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de dosadores elétricos desenvolvido é um equipamento de pequeno porte, baixa potência, alta precisão de operação e de fácil instalação, aproximando-se na medida do possível, o protótipo de uma situação real de implantação com custo acessível para pequenos e médios produtores.

REFERÊNCIAS

- [1]. BALASTREIRE, L. A. Máquinas agrícolas. 1.ed. São Paulo: Manole, 1987. 307p.
- [2]. FRANCETTO, T. R. et al. Mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes presentes nas semeadoras-adubadoras de precisão no Brasil. In: X Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola e XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CLIA/CONBEA. Londrina - PR, 5.p, 2012.
- [3]. GARCIA, Angel Pontin et al. Desenvolvimento de um sistema de controle eletro-mecânico para dosador de fertilizantes. 2007.
- [4]. KHAN, Nazmuzzaman et al. GPS Guided Autonomous Navigation of a Small Agricultural Robot with Automated Fertilizing System. SAE Technical Paper, 2018.
- [5]. QUEIRÓS, Leonardo Ribeiro et al. Análise das possibilidades e tendências do uso das tecnologias da informação e comunicação em Agricultura de Precisão. Embrapa Informática Agropecuária-Capítulo em livro científico (ALICE), 2014.
- [6]. RASIA, Antonio. Projeto conceitual de dosador a taxa variável com acionamento elétrico 1. conceptual design of a variable rate doser with electric operation. 2017.
- [7]. XU, Taosheng et al. A novel variable rate fertilization system based on the Android platform. In: 2015 IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC). IEEE, 2015. p. 395-398.

Capítulo 11

Desempenho germinativo de sementes de Euterpe oleracea em função do tempo e temperatura de imersão

Jessivaldo Rodrigues Galvão

Thiago Costa Viana

Leonardo de Almeida Oliveira

Luis de Souza Freitas

Mateus Correia Lima

Joel Correa de Souza

Resumo: O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) pertencente à família Arecaceae, é uma palmeira nativa da região Amazônica, encontrada principalmente em áreas de várzeas, com grande importância socioeconômica para a região. A multiplicação desta espécie é feita principalmente por sementes, justificando assim, a busca por técnicas que acelerem e uniformizem o processo germinativo. Objetivou-se avaliar o desempenho germinativo de sementes de açaí em função do tempo de imersão em água em diferentes temperaturas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia, em delineamento experimental inteiramente casualizado, cujos tratamentos foram constituídos por: imersão em água a 30 °C por 5 e 10 minutos (T1 e T2), imersão em água a 45°C por 5 e 10 minutos (T3 e T4), imersão em água 60°C (T5 e T6) e o controle consistiu na imersão em água natural por 24 horas (T7) com cinco repetições de 20 sementes, por tratamento. Após a aplicação dos tratamentos, as sementes foram semeadas em substrato composto por solo e areia na proporção 1:1, umedecido com ... de água, acondicionado em bandeja de alumínio. Aos 30 dias após a semeadura, foram avaliados: emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência e velocidade média de emergência. A imersão das sementes de açaí em água nas temperaturas 45 e 60°C, por 10 e 5 minutos, respectivamente, proporcionam melhor desempenho germinativo.

Palavras-chave: Germinação. Embebição. Açaí. Palmeiras, água natural. Taxa de crescimento.

1. INTRODUÇÃO

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma espécie nativa da Amazônia brasileira, sendo o estado do Pará o principal centro de dispersão natural dessa palmácea, podendo ser encontrada populações espontâneas nos estados do Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Tocantins e em países da América do Sul e da América Central (EMBRAPA, 2008). Pertencente à família da Arecaceae a espécie tem grande valor econômico, por ser uma frutífera de grande importância socioeconômica e alimentar para a região. Seu fruto foi popularizado por sua alta aptidão antioxidante associada a presença de ácidos fenólicos e as antocianinas, a polpa do fruto resulta em um produto mais nobre e mais rentável, a bebida açaí (MOURA *et al.*, 2012).

A ocorrência do açazeiro se dá em ecossistemas de várzeas desenvolvendo-se também em áreas de terra firme, principalmente localizadas nesse caso quando próximas às várzeas e igapós, cujas condições favoráveis ao desenvolvimento são temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar elevadas (NOGUEIRA, 2000). Apesar de algumas palmeiras serem propagadas vegetativamente, a maior parte das espécies desse grupo é propagada sexuadamente, isto é, por sementes, as quais geralmente apresentam germinação lenta, irregular e em baixa porcentagem, muitas vezes devido a mecanismos de dormência impostos pela própria semente (FERREIRA *et al.*, 2010).

O conhecimento das condições ótimas para a germinação, principalmente da temperatura e do substrato, é de fundamental importância, pois estes fatores podem influenciar sementes de diferentes espécies (ALBUQUERQUE *et al.*, 1998). Para as espécies florestais brasileiras, a temperatura ótima de germinação situa-se entre 15 e 30°C, a qual está normalmente relacionada às temperaturas da região de origem da espécie, na época favorável para a germinação (ANDRADE *et al.*, 2000). Dessa forma, existem sementes de espécies cujo processo germinativo é favorecido por temperaturas constantes (MATHEUS; LOPES, 2009), alternadas (LOPES & SOARES, 2003) e por um intervalo amplo de temperatura (SILVA *et al.*, 2002). A temperatura pode regular a germinação por três maneiras: determinando a capacidade e taxa de germinação; removendo a dormência primária ou secundária; e induzindo dormência secundária (BEWLEY; BLACK, 1996)

No processo de desenvolvimento e germinação das sementes a água possui a função de regulação, sendo a primeira etapa do processo germinativo composto pela absorção de água realizada pela semente. O processo de embebição das sementes é subdividido em três fases: na primeira fase ocorre a hidratação de maneira rápida devido ao potencial matricial dos inúmeros tecidos que compõem as estruturas das sementes, na fase dois observa-se uma absorção mais lenta, por consequência do transporte das substâncias desdobradas na fase um, em que esse transporte ocorre do tecido de reserva para o tecido meristemático, e na terceira fase procede a retomada do desenvolvimento embrionário e crescimento da plântula, é nesta etapa que ocorre a profusão da radícula (BEWLEY; BLACK, 1994; ZUCARELI *et al.*, 2011).

Em sementes com baixo teor de água, quando alocadas em substratos ou imergidas em água, contêm uma perda intensa e rápida de líquidos, diminuindo de acordo com que ocorra a reidratação, até atingir um ponto de equilíbrio, pois em baixas quantidades de água nos tecidos as atividades metabólicas permanecem baixas, portanto, se faz necessário a reidratação para que o metabolismo se reative (ROSA *et al.*, 2000; ZUCARELI *et al.*, 2011). Portanto, o objetivo do trabalho visou avaliar os parâmetros de germinação em função do tempo da imersão das sementes em água e em diferentes temperaturas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), *Campus* Belém, na área de Ciências do Solo. Os frutos maduros (coloração do epicarpo roxo) de *E. oleracea* utilizados, foram retirados de cachos recém colhidos de açazais nativos, localizado em áreas de várzea da UFRA, posteriormente as sementes foram submetidas à extração mecânica do epicarpo, à lavagem para eliminação dos resíduos e à seleção manual objetivando o descarte daqueles perfurados e danificados.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, constituído por sete tratamentos, com cinco repetições de 20 sementes. Os tratamentos foram constituídos por: imersão das sementes em água à temperatura de 30°C por 5 minutos (T30°5'), imersão em água à temperatura de 30°C por 10 minutos (T30°10'), temperatura de 45°C por 5 minutos (T45°5'), temperatura de 45°C por 10 minutos (T45°10'), temperatura de 60°C por 5 minutos (T60°5'), imersão em água à temperatura de 60°C por 10 minutos (T60°10') e o tratamento controle (CONT), que consistiu na imersão em água natural durante 24 horas por ser uma avaliação constantemente realizada para acelerar o processo germinativo das sementes.

As sementes foram envolvidas em tecido permeável e colocadas na água de acordo com o tempo e temperatura determinada, nos tratamentos. Para a aferição das temperaturas foi utilizado um termômetro de mercúrio. Em cada tratamento foram alocadas 20 sementes em bandejas de alumínio, perfazendo um total de 700 sementes. Foram distribuídas aleatoriamente a uma profundidade de 3 cm, em substrato composto de solo e areia na proporção de 1:1. A umidade foi mantida diariamente com o uso de um regador manual. As avaliações foram realizadas diariamente até os 30 dias após a semeadura, verificando a qualidade fisiológica das sementes, para obtenção dos parâmetros germinativos, discriminadas a seguir:

Para estimar a porcentagem de germinação, utilizou-se o cálculo: $G(\%) = \frac{N}{A} \cdot 100$ (LABORIAU; VALADARES, 1976). Em que N = número de sementes germinadas; A = número total de sementes colocadas para germinar.

No índice de velocidade de emergência foi utilizado para a soma do número de plântulas emergidas a cada dia, divididas pelo respectivo número de dias transcorridos, partindo da semeadura (NAKAGAWA, 1999), dados que geraram um índice de vigor. Formula usada: $IVE = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \frac{N_3}{D_3} + \dots + \frac{N_n}{D_n}$ Maguire (1962). Em que N₁: n = números de plântulas emergidas no dia 1, 2, ..., n, e; D = dias para as plântulas emergirem.

Na estimativa do tempo médio de emergência foi utilizada a equação $TM = \frac{G_1T_1 + G_2T_2 + \dots + G_iT_i}{G_1 + G_2 + G_3}$ (Edmond e Deprala). Em que: TM é o tempo médio para atingir a germinação máxima (dias); G₁ até G_i = número de plântulas emergidas ocorridas a cada dia; T₁ até T_i = tempo (dias).

A velocidade média de emergência (VME) foi calculada pela fórmula: $VME = 1/t$

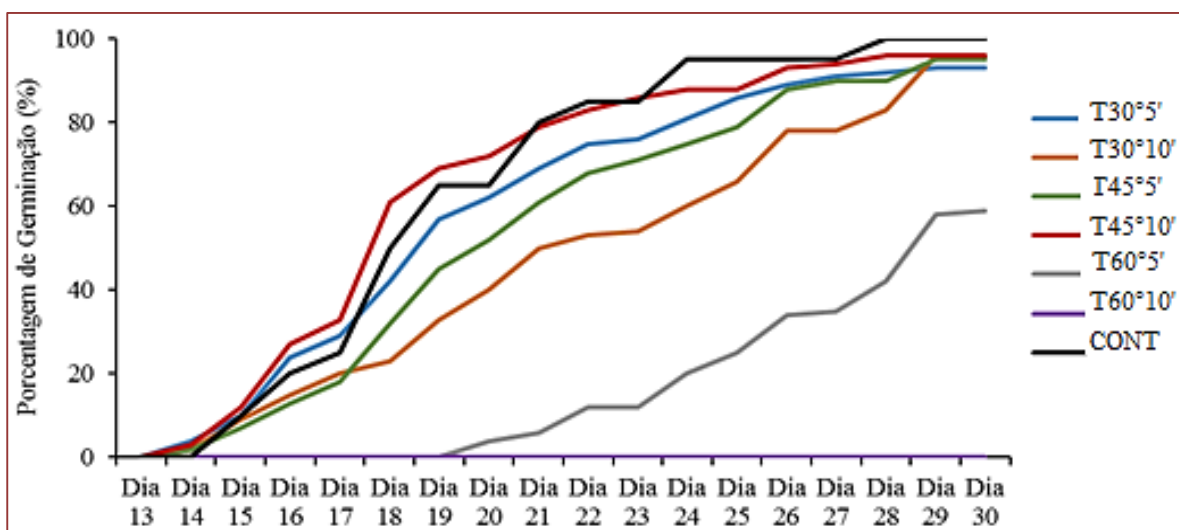
Em que: t = tempo médio de emergência.

Os dados foram submetidos a análise de variância e suas médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro, testes gerados pelo software SISVAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do 13º dia de semeio, iniciou-se o processo de germinação das sementes de açaí, sendo influenciados diretamente pelos tratamentos estudados. As sementes apresentaram emissão da raiz primária em seis dos sete tratamentos testados, assim a emissão se deu de forma lenta e desuniforme (Figura 1).

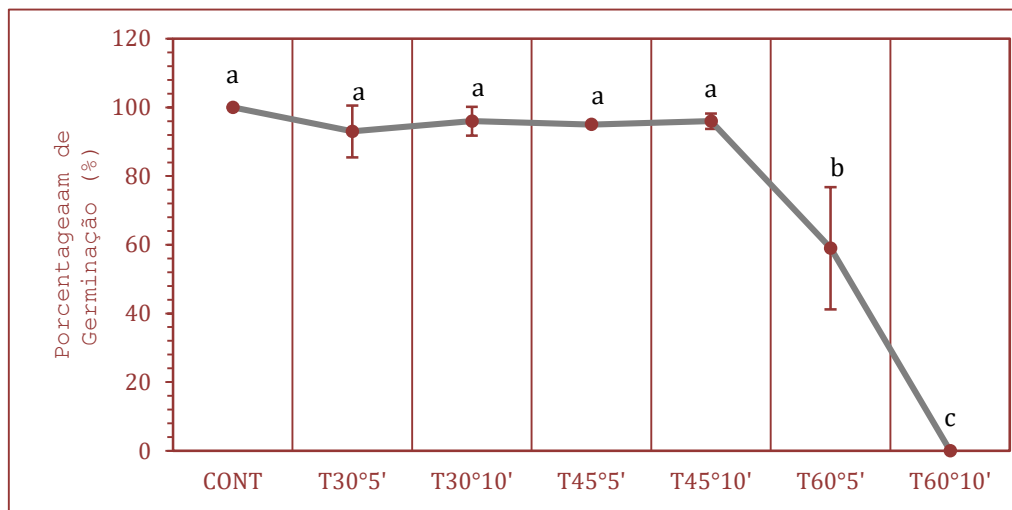
Figura 1- Porcentagem de germinação (%) acumulada em função dos dias de avaliação.



Fonte: Autor. Source: Author.

Com o decorrer do tempo foi observado efeito de interação entre os fatores (Scott-Knott, $P > 0,05$), ou seja, os fatores de temperatura e tempo de imersão, atuam dependentemente sobre a germinação das sementes (figura 2). Os percentuais de germinação foram semelhantes entre os tratamentos, em relação ao controle, com exceção aos tratamentos T60°5' e T60°10' (Figura 2).

Figura 2- Porcentagem de germinação (%) de sementes de *Euterpe oleracea* em função de diferentes tratamentos pré-germinativos.



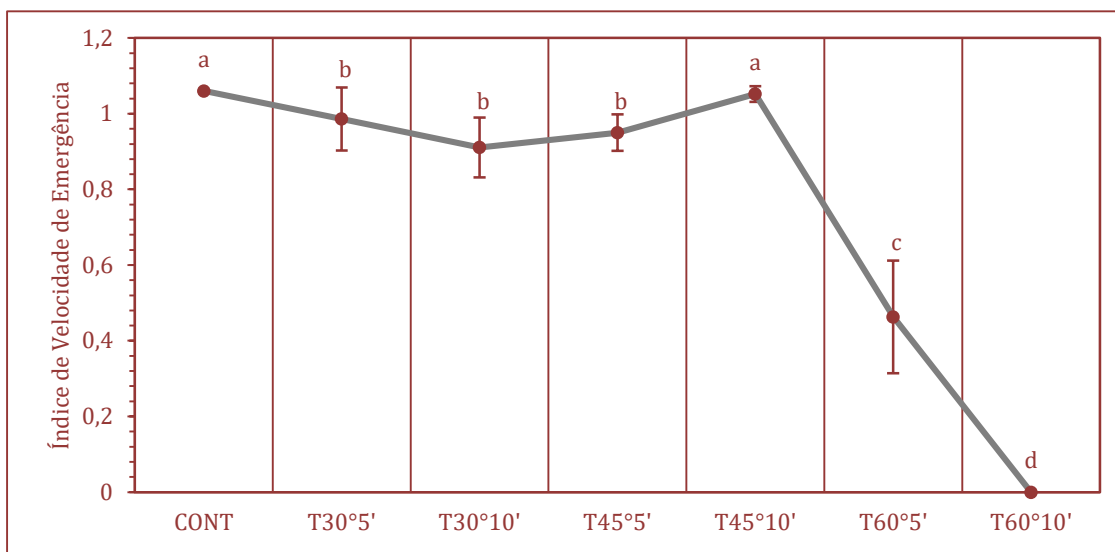
Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Note: Averages followed by the same lowercase letter did not differ, using the Scott-Knott test at 5% probability.

Fonte: Autor. Source: Author

A taxa de germinação das sementes dessa palmeira mostrou-se elevada, independente da temperatura e tempo utilizado. Nos tratamentos (T30°5' e T45°5'), a germinação foi de 93% e nos tratamentos (T30°10' e T45°10') com 96% de germinação. Valores percentuais semelhantes foram observados por Pivetta *et al.* (2013), analisando os efeitos da temperatura e escarificação em sementes da mesma espécie em estudo, em que a temperatura de 35° sem escarificação obteve um percentual de 96% de germinação.

Observa-se que os percentuais de germinação diminuíram fortemente com o aumento da temperatura, em particular, na temperatura de 60 °C, em que a germinação declinou com 59% para o tempo de 5 minutos e 0% de poder germinativo em 10 minutos, pois elevadas temperaturas podem ser prejudiciais à germinação de determinadas espécies, por alteram a permeabilidade das membranas e promovem desnaturação de proteínas necessárias à germinação (SIMON *et al.* 1976; BEWLEY; BLACK, 1994). Temperatura entre 25 e 30°C são favoráveis para germinação e formação de plântulas de palmeiras de regiões tropicais, no entanto, as sementes podem ter sua germinação totalmente anulada com temperaturas acima de 40°C (IOSSI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2006).

Figura 3- Índice de Velocidade de Emergência de sementes de *Euterpe oleracea* em função de diferentes tratamentos pré-germinativos.



Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. *Note: Averages followed by the same lowercase letter did not differ, using the Scott-Knott test at 5% probability.*

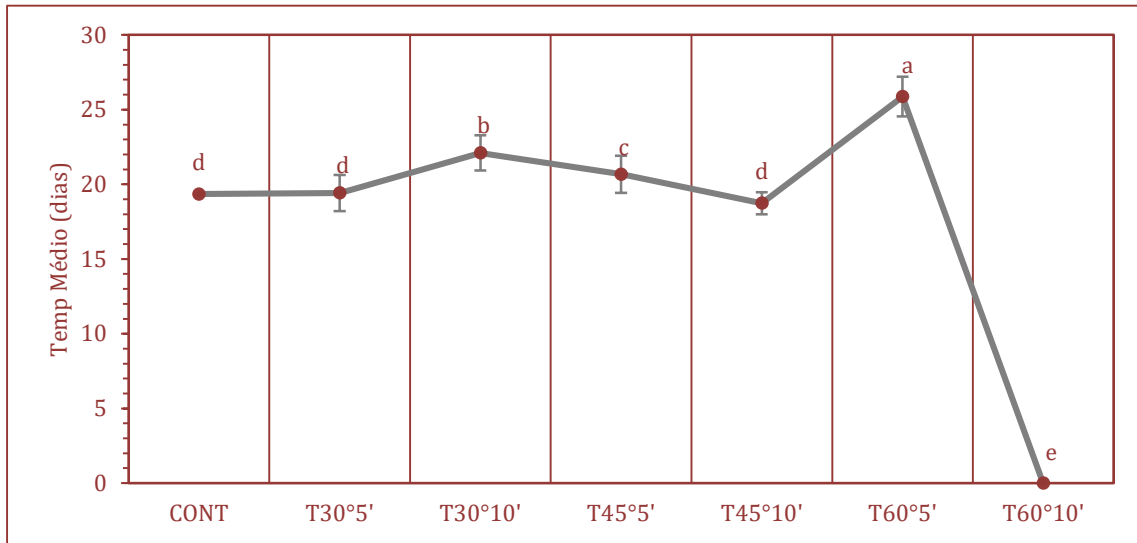
Fonte: Autor. Source: Author

O Índice de Velocidade de Emergência (IVE), no tratamento T45°10' foi o melhor (Figura 3). No tratamento T60°5' o que evidenciou rápida redução da emissão do botão germinativo, com apenas 0,46 de decréscimo. Já no tratamento T60°10' os valores foram nulos em todas as características avaliadas, prejudicando totalmente a estrutura do embrião (FIGUEIREDO *et al*, 1993) constataron reduções da velocidade de emergência de plântulas e da germinação de sementes, submetidas a tratamentos térmicos. Observa-se que temperaturas elevadas não são adequadas para sementes recalcitrantes e podem provocar danos à estrutura das membranas resultando em valores inferiores de emergência de plântulas (PAMMENTER *et al*, 1998). Os resultados indicam que IVE de sementes com índices abaixo de 1 não são satisfatórias para a germinação. Beckmann Cavalcante *et al*. (2012) e Ferreira *et al*. (2014) afirmaram que, embora a água fervente seja um método vantajoso pelo baixo custo, a mesma tem proporcionado resultados contraditórios na superação de dormência.

De acordo com Silva *et al*. (2009), a velocidade em que o processo de germinação ocorre é fundamental para a sobrevivência e o desenvolvimento da espécie, pois diminui o tempo de exposição da semente às condições adversas e às intempéries, e a primeira contagem de germinação é um indicador da velocidade de germinação. Desta forma, a germinação só ocorrerá dentro de certos limites de temperatura, o que torna indispensável o conhecimento da temperatura ideal para a germinação das sementes de cada espécie (CASTRO; HILHORST, 2004). Os resultados obtidos neste trabalho se assemelham aos observados no estudo realizado por Meerow (1991), que analisou a germinação de sementes de palmeiras, relatando que as temperaturas na faixa de 20 a 40 °C não inibem os processos germinativos, com melhores resultados entre 30 a 35 °C para a maior parte das sementes das espécies de palmeiras.

O tempo médio de emergência, entre os tratamentos, evidenciam que a imersão das sementes em água a 60°C durante 5 minutos proporcionou o maior Tm (25,87 dias). Os menores tempos foram verificados nos tratamentos T30°5', T45°10' e T60°10' (Figura 4).

Figura 4- Tempo médio de emergência de sementes de *Euterpe oleracea* em função de diferentes tratamentos pré-germinativos.



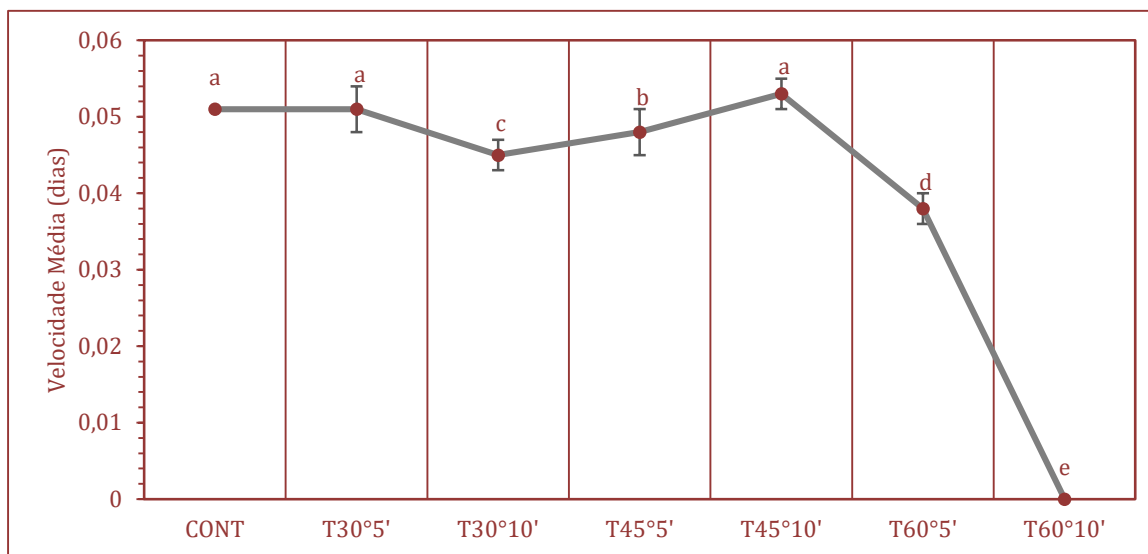
Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. Note: Averages followed by the same lowercase letter did not differ, using the Scott-Knott test at 5% probability.

Fonte: Autor. Source: Author

A partir do maior tempo médio de emergência (Tm) do tratamento T60°5', foi observado que com o aumento do tempo de imersão na mesma temperatura (T60°10'), as sementes foram danificadas, não sendo possível quantificar o tempo médio. Resultados antagônicos foram observados por Iossi *et al.*, (2003) avaliando a germinação de *Phoenix rabelenii* O'Brien, em que o aumento do Tm foi observado em temperaturas abaixo de 30° C, devido as espécies possuírem fisiologia de sementes diferentes da abordada neste trabalho, logo, possuem condições específicas para a germinação. Considerando os estudos realizados por Bewley & Black (1994) a melhor faixa de temperatura para germinação é a que se observa o maior percentual de germinação e menor tempo médio de germinação. Sendo o menor Tm, encontrado no T45°10', contrasta com outras culturas como, *Phoenix rabelenii* O'Brien e *Oenocarpus minor* Mart., em que o menor Tm foi observado na temperatura de 30° (IOSSI *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2006)

A Velocidade média de emergência (VME) das sementes foi reduzida sob influência das maiores temperaturas (Figura 6). A temperatura influencia tanto na porcentagem final de germinação, como a velocidade de germinação. As sementes são capazes de germinar sob uma determinada amplitude de temperatura, definida para cada espécie, existindo uma temperatura máxima e uma mínima, das quais a germinação não ocorre, além disso, dentro desta faixa a temperatura também atua sobre o tempo necessário para atingir o máximo de germinação (BEWLEY; BLACK, 1985). O efeito da temperatura, de acordo com Castro & Hilhorst (2004) afeta a velocidade de absorção de água pelas sementes e pode alterar, entre outros aspectos, a porcentagem total, a velocidade e a uniformidade de germinação.

Figura 5- Velocidade média de emergência de sementes de *Euterpe oleracea* em função de diferentes tratamentos pré-germinativos.



Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferiram entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. *Note: Averages followed by the same lowercase letter did not differ, using the Scott-Knott test at 5% probability.*

Fonte: Autor. Source: Author

4. CONCLUSÃO

Os melhores desempenhos germinativos de sementes de açazeiros são facilitados em temperatura de 45 °C por um período de 10 minutos e de 60 °C no tempo de 5 minutos. A 60 °C com tempo de 10 minutos a germinação insignificante.

REFERÊNCIAS

- [1]. ALBUQUERQUE, M. C. F. *et al.* Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de saguaraji (*Colubrina glandulosa* Perk. - Rhamnaceae). Revista Brasileira de Sementes, Brasília, DF, v. 20, n. 02, p. 108-111, 1998.
- [2]. ANDRADE, A.C.S. *et al.* Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 35, n. 03, p. 609-615, 2000.
- [3]. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de Sementes. Brasília, DF, 2009.
- [4]. BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; PIVETTA, K. F. L.; IHA, L. L.; TAKANE, R. J. Temperatura, escarificação mecânica e substrato na germinação de sementes das palmeiras Juçara e Açai. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 7, n. 4, p. 569-573, 2012. DOI:10.5039/ agraria.v7i4a1684.
- [5]. BEWLEY, J. D.; BLACK, M. - Physiology and biochemistry of seeds. Berlim: Springer – Verlag, 1985.
- [6]. BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Seed physiology of development and germination. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 657p.
- [7]. BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. New York: Plenum, 1996.
- [8]. CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (ed.). Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, p. 149-162, 2004.
- [9]. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Sistema de Produção do Açai. [S. l.], 2008.
- [10]. FERREIRA, E.G.B.S.; MATOS, V.P.; SILVA, R.B.; SANTOS, H.H.D.; SENA, L.H.M Thermal scarification to overcome Piptadenia moniliformis seeds dormancy. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 9, n. 1, p. 79-83, 2014.
- [11]. FIGUEIRÊDO, F.J.C.; CARVALHO, J.E.U.; MÜLLER, C.H. Efeito imediato da secagem sobre a emergência e vigor de sementes de açazeiro. Informativo ABRATES, Brasília, DF, v. 3, n. 3, p. 47, 1993.

- [12]. IOSSI, E.; SADER, R.; PIVETTA, K.F.L.A.; BARBOSA, J.C. Efeitos de substratos e temperaturas na germinação de sementes de tamareira-anã (*Phoenix roebelenii* O'Brein). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 63-69, 2003.
- [13]. JONES, D.L. *Palms: throughout the world*. Washington: Smithsonian Institution, 1995.
- [14]. LABOURIAU, L.G. *A germinação das sementes*. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Washington. 1983.
- [15]. LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.E.B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.
- [16]. LOPES, J.C.; SOARES, A.S. Germinação de sementes de *Miconia cinnamomifolia* (Dc.) Naud. *Brasil Florestal*, Brasília, DF, n. 75, p. 31-38, 2003.
- [17]. MAGUIRE, J.D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- [18]. MATHEUS, M.T.; LOPES, J.C. Temperaturas cardinais para a germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 31, n. 3, p. 115-122, 2009.
- [19]. MEEROW, A.W. *Palm seed germination*. Flórida: Cooperative Extension Service. 1991.
- [20]. MOURA, R.S.; FERREIRA, T.S.; LOPES, A.A.; PIRES, K.M.; NESI, R.T.; RESENDE, A.C. Effects of *Euterpe oleracea* Mart. (AÇAÍ) extract in acute lung inflammation induced by cigarette smoke in the mouse. *Phytomedicine*, Jena, v. 19, n. 4, p. 262-9, 2012.
- [21]. NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. FRANÇA NETO, J. B. (ed.) *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999.
- [22]. NASCIMENTO, W.M.O.; CÍCERO, S.M.; NOVENBRE, A.D.L.C. Conservação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 32, n. 1, p. 24-33, 2010.
- [23]. NOGUEIRA, O.L.; HOMMA, A.K. O. *Açaizal: técnica de manejo*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000.
- [24]. OLIVEIRA, L. P de; TAVARES, G. dos S. (Org.). *Programa de desenvolvimento da cadeia produtiva do açaí no Estado do Pará: pró-açaí*. Belém: Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca, p. 17, 2016.
- [25]. PAMMENTER, N.W.; GREGGAINS, V.; KIOKO, J.I.; WESLEY-SMITH, J.; BERJAK, P. ; FINCH-SAVAGE, W.E. Effects of differential drying rates retention of *Ekebergia capensis*. *Seed Science Research*, Cambridge, v. 8, n. 4, p. 463-471, 1998.
- [26]. PIVETTA, K.F.P.; LUZ, P.B. da. Efeito da temperatura e escarificação na germinação de sementes de *Euterpe oleracea* (MART.) (ARECACEAE). *Bioterra*, Sergipe, v. 13, n. 1, p. 83-88, 2013.
- [27]. QUEIROZ, J.A.L. de. Açaí: distância de transporte do fruto e qualidade da bebida. *Agrofoco*, Belém, v. 2, n. 5, p. 16-17, 2016.
- [28]. ROSA, S. D. V. F.; PINHO, E.; VIEIRA, M.; VEIGA, R.D. Eficácia do teste de condutividade elétrica para uso em estudos de danos de secagem em sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 54-63, 2000.
- [29]. SILVA, B.M. da S.E.; CESARINO, F.; LIMA, J.D.; PANTOJA, T. de F.; MORO, F.V. Germinação de sementes e emergência de plântulas de *Oenocarpus minor* Mart. (Arecaceae). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 28, n. 2, p. 289-292, 2006.
- [30]. SILVA, L.M.M.; RODRIGUES, T.J.D.; AGUIAR, I.B. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 26, n. 06, p. 691-697, 2002.
- [31]. ZUCARELI, C.; CAVARIANI, C.; OLIVEIRA, E.A. de P.; NAKAGAWA, J. Métodos e temperaturas de hidratação na qualidade fisiológica de sementes de milho. *Rev. Ciênc. Agron.*, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 684-692, 2011.

Capítulo 12

Seleção de pré-cultivares de feijão preto normal via modelos mistos para Campos dos Goytacazes, RJ

Larissa Jaina da Silva de Oliveira

Benedito Fernandes de Souza Filho

Silvino Amorim Neto

Rogério Figueiredo Daher

Paulo Ricardo dos Santos

Wanessa Francesconi Stida

Alexandre Gomes de Souza

Maxwel Rodrigues Nascimento

Ana Kesia Faria Vidal

Rafael Souza Freitas

Resumo: A introdução de cultivares de feijão comum nas regiões brasileiras é necessária em decorrência da produção ser insuficiente para atender a demanda interna, o que obriga o país a importar cerca de 100 mil toneladas de feijão vindos, principalmente, da Argentina e Bolívia. Dessa forma, pré-cultivares de feijão do tipo comercial preto vêm sendo avaliados como potencial de rendimento de grãos e com adaptabilidade às diferentes condições de cultivo da região Centro-Sul do Brasil, especialmente no estado do Rio de Janeiro. Apesar de ser o tipo de feijão mais consumido no Estado, ainda é escassa a disponibilidade de cultivares produtivas para a região, de igual modo, baixa produtividade frente a área cultivada, no qual o ganho genético com a seleção também deve ser avaliado nas novas potenciais cultivares. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi verificar o potencial produtivo de pré-cultivares de feijão preto de ciclo normal sob estimativas de componentes de variância, ganhos genéticos e seleção simultânea para produtividade, adaptabilidade e estabilidade de grãos. Foram avaliados doze genótipos de feijão preto, sendo oito linhagens e quatro cultivares nas safras de 2016/17 e 2017/18. O experimento foi instalado em delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições. Os parâmetros genéticos foram estimados por meio de modelos mistos e a seleção foi realizada pelo método da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos preditos (MHPRVG). Os resultados revelaram efeito significativo para interação genótipos x safras, indicando certa heterogeneidade entre os genótipos e safras avaliadas. O componente de variância da interação genótipos x safras e da variância residual superestima a predição dos parâmetros genéticos, como por exemplo a variância genética, a herdabilidade e a acurácia seletiva. Sendo assim, verificou-se que os ambientes (safras) influenciaram na expressão fenotípica dos genótipos, configurando adaptação específica. Ademais, quando se avaliou o ganho genético e a seleção simultânea para produtividade, adaptabilidade e estabilidade, as linhagens que apresentaram os melhores desempenhos foram CNFP 15678, CNFP 15681 e CNFP 15684. Portanto, pode ser concluído que o componente da interação exerce grande influência nas estimativas dos ganhos genéticos, evidenciando que essa influência deva ser considerada por parte do melhorista na seleção e na recomendação de novas cultivares específicas nos programas de melhoramento genético da cultura do feijoeiro. O método da MHPRVG proporcionou seleção otimizada de genótipos responsivos e deve ser utilizado como estratégia de seleção de genótipos de feijão para plantios comerciais em todo o Brasil.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L.; ganho genético, interação genótipos x safras, MHPRVG, REML/BLUP.

1. INTRODUÇÃO

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa de grãos de grande importância socioeconômica para o Brasil e na safra 2019/20 alcançou uma produção de 3,22 milhões de toneladas, ficando atrás apenas da soja, milho, arroz e do trigo em volume de produção (CONAB, 2021). Apesar da importância e tradição desta cultura no país, a produção ainda não é suficiente para o abastecimento do mercado interno, o que leva à importação principalmente da Argentina e Bolívia (CONAB, 2021).

O cultivo de feijão é realizado em todos os estados brasileiros, em diferentes sistemas de cultivo e épocas de semeadura, submetendo a cultura a diversas condições edafoclimáticas (PEREIRA et al., 2009). Assim como, é uma cultura anual de ciclo curto e pode ser produzida em até três safras por ano no Brasil. A primeira safra, denominada a “safra das águas”, ocorre no período de cultivo entre agosto e novembro nas Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Tocantins e Rondônia. A “safra da seca”, considerada a segunda safra, ocorre nos meses de dezembro a abril, nas Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e em único período de plantio no Norte, na qual normalmente o feijão comum é consorciado com o milho. Já a terceira safra, designada como “safra de inverno”, ocorre entre os meses de abril a julho, no Centro-Sul do Brasil (CARNEIRO et al., 2015).

Dentre os tipos de feijão produzidos no país, o feijão preto ocupa o segundo lugar no tipo de grão mais cultivado, sendo muito consumido nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Sudeste de Minas Gerais e Sul do Espírito Santo (BARBOSA e GONZAGA, 2012). Ademais, o estado do Rio de Janeiro é o terceiro maior centro consumidor de gêneros alimentícios do país, mas com produção agrícola insuficiente para suprir a demanda, particularmente a do feijão, que é de aproximadamente 272.000 toneladas anuais, o estado participa com cerca de 1% do abastecimento, mas tem potencial para reduzir substancialmente a dependência do produto de outros estados (CONAB, 2021).

Com a produção obtida principalmente em cultivos pouco tecnificados, a identificação de cultivar mais adaptada e produtiva torna-se opção prioritária e econômica para elevar a produção interna, porém poucas são as cultivares de feijão preto recomendadas para o estado do Rio de Janeiro (SOUZA FILHO e ANDRADE, 2010). Assim, os programas de melhoramento assumem posição de destaque no desenvolvimento de novas cultivares visando minimizar a importação e aumentar a rentabilidade da cultura no país. Dentre os desafios do melhoramento de plantas para o desenvolvimento de cultivares, o maior deles é a interação genótipos x ambientes, tanto na recomendação de cultivares quanto nos procedimentos de seleção, sendo que os melhoristas normalmente procuram por genótipos estáveis e com melhor desempenho em relação a um determinado caráter (BARROS et al., 2013; TORRES et al., 2015; CARVALHO et al., 2016).

De acordo com Rosado et al. (2012), na existência da interação genótipos x ambientes, o estudo da adaptabilidade e estabilidade fornece subsídios para a seleção, em que a adaptabilidade está relacionada à capacidade do genótipo obter aproveitamento vantajoso frente às mudanças ambientais, enquanto a estabilidade representa a previsibilidade dos genótipos em decorrência às variações ambientais.

A análise via modelo misto univariado considera os efeitos genotípicos como aleatórios e, portanto, fornece a estabilidade e a adaptabilidade genotípica, o que permite a análise de dados desbalanceados e de delineamentos não ortogonais e com heterogeneidade de variâncias. Além disso, permite considerar erros correlacionados dentro de locais, bem como a estabilidade e a adaptabilidade na seleção de indivíduos dentro de progênies; fornece valores genéticos já descontados da instabilidade e pode ser aplicado a qualquer número de ambientes (GONÇALVES et al., 2014).

Várias metodologias podem ser utilizadas para o estudo da adaptabilidade e estabilidade genotípica, dentre elas a REML (*Restriction Maximum Likelihood*) / BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*) que atualmente é muito explorado para este tipo de estudo, em virtude da avaliação genética ser realizada por meio da predição dos valores genotípicos dos genótipos à seleção. Desta forma, destaca-se o método da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos preditos (MHPRVG), que permite efetuar a seleção simultânea de genótipos com base em três parâmetros: produtividade, adaptabilidade e estabilidade (RESENDE, 2016). Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar a eficiência da seleção simultânea de pré-cultivares de feijão preto de ciclo normal para produtividade, estabilidade e adaptabilidade, utilizando-se os modelos mistos univariados e o método MHPRVG.

2. METODOLOGIA

As avaliações foram conduzidas nas safras agrícolas de 2016/17 e 2017/18 no Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos (CEPAAR) da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio) em Campos dos Goytacazes, RJ (Tabela 1), localizada a 21° 19' 23" de latitude sul e 41° 19' 40" de longitude oeste e com altitude variando de 10 a 30 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é classificado como tropical úmido (Aw), com verão chuvoso, inverno seco.

Tabela 1. Características do município Campos dos Goytacazes, RJ, onde foram avaliados os doze genótipos de feijão preto de ciclo normal nas safras de 2016/17 e 2017/18.

Topografia	Altitude(m)	Tipo de solo	Precipitação (mm)		Temp. do ar (°C)	
			2016	2017	2016	2017
Suave	9 m	Podzólico Vermelho Álico	1.031,4	701,2	24,0	24,6

Fonte: Santos et al. (2018); INMET (2021).

Foram avaliados doze genótipos de feijão preto de ciclo normal, sendo oito linhagens (identificadas com o prefixo "CNFP") desenvolvidas pela Embrapa Arroz e Feijão e quatro cultivares designadas testemunhas (BRS FP 403, BRS Esteio, IPR Tuiuiu e IPR Uirapuru) (Tabela 2). O delineamento foi em blocos casualizados com três repetições. Cada parcela foi constituída de quatro linhas de 4 m espaçadas a 0,5 m. A área total da parcela foi de 8 m² e a área útil colhida de 4 m² de área útil.

Tabela 2. Relação dos genótipos de feijão preto de ciclo normal e suas respectivas origens e tipos, cultivados em Campos dos Goytacazes, RJ, nas safras de 2016/17 e 2017/18.

Nº	Genótipo	Origem	Tipo
1	BRS FP 403	Embrapa Arroz e Feijão	Cultivar
2	BRS Esteio	Embrapa Arroz e Feijão	Cultivar
3	IPR Tuiuiu	Instituto Agrônômico do Paraná	Cultivar
4	IPR Uirapuru	Instituto Agrônômico do Paraná	Cultivar
5	CNFP 15670	Embrapa Arroz e Feijão	Linhagem
6	CNFP 15676	Embrapa Arroz e Feijão	Linhagem
7	CNFP15678	Embrapa Arroz e Feijão	Linhagem
8	CNFP15681	Embrapa Arroz e Feijão	Linhagem
9	CNFP15684	Embrapa Arroz e Feijão	Linhagem
10	CNFP15685	Embrapa Arroz e Feijão	Linhagem
11	CNFP15695	Embrapa Arroz e Feijão	Linhagem
12	CNFP15697	Embrapa Arroz e Feijão	Linhagem

Os plantios foram realizados em 22 de março de 2016 e 27 de abril de 2017 configurando duas safras 2016/17 e 2017/18, de acordo com o zoneamento agroclimático do município de Campos dos Goytacazes, RJ, o que coincide com o período preferencial para a cultura, safra da seca, naquela região. Por ocasião do semeio foi realizado a adubação de plantio com adubo mineral comercial NPK (10:10:10) na proporção de 300 kg.ha⁻¹. Aos 21 dias após a semeadura (DAS) foi realizado a adubação de cobertura com uréia (N) na proporção de 100 kg.ha⁻¹. Foi realizado capinas manuais para o controle de plantas daninhas.

A colheita foi realizada na fase reprodutiva do estágio de desenvolvimento da planta R9, ponto máximo de senescências, a partir dos 90 DAS. Os dados foram coletados nas duas fileiras centrais, desprezando-se as linhas de bordaduras. A variável avaliada foi produtividade de grãos, mensurada na área da parcela, correspondente a coleta dos dados pela pesagem em gramas e a umidade ajustada a 13% e os resultados expressos em kg.ha⁻¹.

Para estimar os componentes de variância e prever os efeitos dos genótipos e da interação genótipos x safras pelo procedimento REML/BLUP (*Restriction Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction*),

foi utilizado o modelo estatístico 55 (avaliação de linhagens e cultivares em delineamento em blocos completos com estabilidade e adaptabilidade temporal, em várias medições (safras) e uma observação por parcela, sendo realizada uma análise conjunta por meio do método MHPRVG, com o seguinte modelo estatístico: $y = Xm + Zg + Wp + Ti + e$, em que y é o vetor de dados, m é o vetor dos efeitos das combinações medição-repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, g é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), p é vetor dos efeitos de ambiente permanente (parcelas) (aleatórios), i é o vetor dos efeitos da interação genótipos x medições e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios) e X, Z, W e T são as matrizes de incidência para m, g, p e i , respectivamente. As distribuições e estruturas de médias (E) e variâncias (Var) assumidas foram:

$$E \begin{bmatrix} y \\ g \\ p \\ i \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xm \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \text{Var} \begin{bmatrix} g \\ p \\ i \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I\sigma_g^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_p^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_i^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

O ajuste da equação de modelo misto foi obtido a partir das equações:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W & X'T \\ Z'X & Z'Z + I\lambda_1 & Z'W & Z'T \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_2 & W'T \\ T'X & T'Z & T'W & T'T + I\lambda_3 \end{bmatrix} X \begin{bmatrix} \hat{g} \\ \hat{p} \\ \hat{i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z'y \\ W'y \\ T'y \end{bmatrix}$$

Em que $\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_g^2} = \frac{(1-h_g^2-h_a^2)}{h_g^2}$; $\lambda_2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_{perm}^2} = \frac{(1-h_g^2-c_{perm}^2)}{c_{perm}^2}$; $\lambda_3 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_{gm}^2} = \frac{(1-h_g^2-c_{gm}^2)}{c_{gm}^2}$ significam $h_g^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{perm}^2 + \sigma_{gm}^2 + \sigma_e^2}$, herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo; $h_{mg}^2 = \frac{\sigma_g^2}{(\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{j})}$, herdabilidade da média de genótipos; $\hat{r}_{gmed} = \frac{\sigma_{gm}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{gm}^2} = \frac{h_g^2}{h_g^2 + c_{gm}^2}$, correlação genotípica através das medições (safras); $\hat{r}_{gg} = \sqrt{h_{mg}^2}$, acurácia na seleção de genótipos; $c_{perm}^2 = \frac{\sigma_{perm}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{perm}^2 + \sigma_e^2}$, coeficiente de determinação dos efeitos de ambiente permanente; $c_{gm}^2 = \frac{\sigma_{gm}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{gm}^2 + \sigma_e^2}$, coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x medições (safras); $r = \frac{(\sigma_g^2 + \sigma_{perm}^2)}{(\sigma_f^2)}$, repetibilidade ao nível de parcela; $CVg\% = \frac{\sqrt{\sigma_g^2}}{\mu}$, coeficiente de variação genotípica; $CVe\% = \frac{\sqrt{\sigma_e^2}}{\mu}$, Coeficiente de variação residual; $CVr = \frac{CVg\%}{CVe\%}$, coeficiente de variação relativa.

De acordo com Resende (2016), o emprego da metodologia de modelos mistos em dados desbalanceados para fins de seleção de genótipos superiores, os efeitos do modelo empregado não devem ser testados via teste F, tal como ocorre no método da análise de variância. Portanto, o teste recomendado para os efeitos aleatórios é o teste da razão de verossimilhança (LRT), por meio de uma análise de deviance. Tal análise generaliza a análise de variância clássica, tanto para dados balanceados como para desbalanceados, indicando a qualidade do ajuste do modelo utilizado. Sendo, portanto, a deviance uma estatística derivada da diferença entre as verossimilhanças do modelo completo em relação aos efeitos que se deseja testar.

No estudo da interação entre genótipos (G) e safras (E) foi utilizado o Modelo Misto Univariado (Resende, 2002). Tal modelo é composto pelos efeitos principais (G) e pela interação genótipos x safras (G x E) por meio de G + GE, obtendo o BLUP multivariado. Para a eliminação dos ruídos de interação genótipos x ambientes, utilizou-se o BLUP dos efeitos G x E.

Utilizaram-se três parâmetros para a escolha dos genótipos de melhor desempenho, para o método MHPRVG: seleção com base no valor genético predito, por meio do comportamento médio em todas as safras, na situação sem interação; seleção com base no valor genético predito, considerando o comportamento dos genótipos em cada safra, na situação com efeito da interação média e a seleção simultânea para produtividade, estabilidade (MHVG) e adaptabilidade (PRVG).

Tais parâmetros foram obtidos da seguinte forma: estimação da estabilidade obtida pelo método da Média Harmônica dos Valores Genéticos (MHVG) dada pelo estimador:

$$MHVG = n / \sum_{j=1}^n (1/Vg_{ij})$$

Em que: n é o número de ambientes ($n = 2$) nos quais o genótipo i foi avaliado, e Vg_{ij} é o valor genotípico do genótipo i na safra j . A adaptabilidade foi mensurada pelos valores da Performance Relativa dos Valores Genéticos (PRVG), conforme a expressão:

$$PRVG = 1/n \times \left(\sum_{j=1}^n Vg_{ij}/M_j \right)$$

Em que: M_j representa a média do rendimento de grãos no ambiente j . A seleção simultânea quanto a produtividade, estabilidade e adaptabilidade dada pela MHPRVG calculada pela equação:

$$MHPRVG = 1/PRVG$$

A análise de deviance, de modelo misto e as análises de adaptabilidade e estabilidade foram realizadas com o software SELEGEN-REML/BLUP, utilizando-se o modelo estatístico 55 (RESENDE, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo teste da razão de verossimilhança, observa-se efeito significativo ($p < 0,01$) para interação genótipos x safras. Isso mostra que, houve um comportamento diferenciado dos genótipos com o período de cultivo e nas diferentes safras avaliadas (Tabela 3). Assim, a análise de deviance proporciona uma particularidade importante no processo de seleção, pois permite testar os efeitos de genótipos, ambientes (locais ou safras) e de interações possíveis, de acordo com o método proposto para os dados coletados pelo melhorista, bem como apresenta informações úteis para a tomada de decisão, sobretudo, quando há efeito significativo para interação.

Neste contexto, diversos autores encontraram significância para a interação genótipos x safras ao estudar genótipos de feijão, como Delfini et al. (2018), Melo et al. (2018), Santos et al. (2018; 2019) e Rocha et al. (2020).

Tabela 3. Análise deviance para produtividade de grãos de doze genótipos de feijão preto de ciclo normal, avaliados em Campos dos Goytacazes, RJ, nas safras 2016/17 e 2017/18.

Efeito	Deviance	LRT (X^2)
Genótipo	758,91	0,00 ^{ns}
Ambiente (safras)	759,74	0,83 ^{ns}
Genótipos x safras	778,56	19,65 ^{**}
Modelo completo	758,91	-

** significativo pelo teste qui-quadrado com 1 grau de liberdade a 1% (6.63) de probabilidade.

Sabe-se que os ganhos na seleção são função da variação genética herdável existente nas populações, da herdabilidade (controle genético) dos caracteres que se almeja melhorar, da acurácia seletiva e da intensidade de seleção aplicada. Por esse motivo, para prever os ganhos genéticos com a seleção, é imprescindível estimar parâmetros genéticos.

Neste estudo, as estimativas dos parâmetros genéticos para produtividade de grãos apontaram baixa variabilidade genética (Tabela 4), observado entre genótipos de feijão preto de ciclo normal e safras. Tal estimativa pode, provavelmente, ser explicada pelo fato de estar associado às menores estimativas de variância genética (0,41%), variância ambiental (7,86%), variância da interação genótipos x safras (58,75%) e variância residual (32,97%).

Tabela 4. Estimativas dos componentes de variância (REML individual) para produtividade de grãos em doze genótipos de feijão preto de ciclo normal, avaliados em Campos dos Goytacazes, RJ, nas safras 2016/17 e 2017/18.

Componentes de variância (REML Individual)			
Vg	167,36	\hat{r}_{gmed}	0,0069
Vperm	3.229,52	\hat{r}_{gg}	0,1037
Vgm	24.118,25	CVg (%)	0,8471
Ve	13.539,85	CVe (%)	7,6189
Vf	41.054,98	CVr	0,1112
H ² _g	0,0041 ± 0,0213	μ (Kg.ha ⁻¹)	1.527,26
H ² _{mg}	0,0107		

Variância genotípica (Vg); Variância de ambiente permanente (Vperm); Variância da interação genótipos x safras (Vgm); Variância residual (Ve); Variância fenotípica individual (Vf); Herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo (H²_g); Herdabilidade de médias de genótipos (H²_{mg}); Correlação genotípica através das medições (\hat{r}_{gmed}); Acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}); Coeficiente de variação genotípico (CVg); Coeficiente de variação experimental (CVe); Coeficiente de variação relativa (CVr); Média geral do experimento (μ).

Verificou-se baixa magnitude de herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo (H²_g), herdabilidade de médias de genótipos (H²_{mg}), como também, baixo coeficiente de variação genético (CVg = 0,85%) (Tabela 4), o que representou a porção da variância genética disponível para a seleção. Coeficientes de herdabilidade baixos podem ser associados com menor variância genética aditiva, maior variação de ambiente e maior interação genótipos x ambientes (FEHR, 1987). Resultados semelhantes, de baixas magnitudes, foram estimados por Lima et al. (2020), para genótipos de feijão carioca precoce avaliados no estado de Pernambuco nas safras de 2015/16 e 2016/17.

Esses baixos valores sugerem que não há condições favoráveis para a seleção de plantas individuais, indicando que vários fatores podem ter agidos intrinsecamente sobre o processo de seleção. Por exemplo, a natureza poligênica da característica, que é altamente influenciada pelo ambiente; a baixa variabilidade genética entre genótipos; e, principalmente, o tamanho da parcela experimental (Preisigke et al., 2020). Desta maneira, seria muito dispendioso e complexo fazer seleção, de todo modo, proporcionaria ganhos genéticos, ainda que pequenos. Contudo, o melhorista deve estar atento, em trabalhos futuros, para ampliar a variabilidade genética e minimizar as influências ambientais sobre a variabilidade fenotípica.

Diante do valor inexpressivo obtido pela variabilidade genética, observa-se baixa acurácia, de 10,37%, segundo a classificação de Resende e Duarte (2007), o que sugere baixa precisão na identificação e dificuldade de sucesso na seleção de genótipos superiores, bem como, valores de coeficientes de variação genético (0,85%) e experimental (7,62%) baixos. Valores de baixa acurácia também foram obtidos por Santos et al. (2018) ao estimarem os componentes de variância dos genótipos de feijão carioca avaliados na safra de 2016/17 no estado de Pernambuco.

A razão entre CVg e CVe permite obter o coeficiente de variação relativa (CVr), cujo valor pode indicar uma situação favorável à seleção, se superior a 1,0 (Vencovsky e Barriga, 1992), e propiciar inferências com alta acurácia e precisão (Resende e Duarte, 2007). Observa-se, portanto, que o CVr apresentou valor

menor que 1,0 (0,11%). Presuma-se então, que os valores dos coeficientes de variação não são favoráveis à seleção, em consequência da maior parte da variação fenotípica ser atribuída à variação ambiental.

Nesta sequência, intentando a alta participação da variância da interação genótipos x safras, houve menor correlação entre o ranqueamento dos genótipos por meio das safras, o que é refletido pelo baixo valor da correlação genotípica através das medições (r_{gmed}), fornecendo confiabilidade quanto à constância do ranqueamento dos genótipos nos ambientes (safras) em estudo. É possível observar que seu valor foi muito baixo, na ordem de 0,0069, do qual houve alteração na ordem dos genótipos devido à presença da interação ser do tipo complexa (Tabela 5 e 6). Esses fatores retratam a importância do estudo da adaptabilidade e estabilidade de genótipos via modelos mistos. Diante do exposto, é possível concluir que a seleção é possível nessas condições, porém é mais dispendiosa sendo restrita para cada safra.

Esses resultados indicaram que, devido a contribuição da variância genética ter sido muito baixa, consequentemente baixos valores de ganhos por seleção foram encontrados. Para tal, três estratégias distintas de seleção dos melhores genótipos foram realizadas (Tabela 5, 6 e 7). Na primeira estratégia, que consiste na estimativa dos efeitos genéticos preditos para produtividade em todos os ambientes (safras) e livres da interação, duas cultivares testemunhas, BRS Esteio e BRS FP403, mantiveram sua superioridade em relação às linhagens de feijão preto avaliadas, alcançando a primeira e segunda melhor predição genética, respectivamente (Tabela 5). Em seguida, cinco linhagens tiveram sua performance acima da média geral dos genótipos (g positivo) e cinco genótipos tiveram sua performance abaixo da média geral dos genótipos (g negativo). Entre os piores genótipos que tiveram rendimento abaixo da média geral dos genótipos, encontra-se duas cultivares testemunhas, a IPR Tuiuiu e a IPR Uirapuru (Tabela 5).

Tabela 5. Estimativas do efeito genotípico de todos os ambientes (g)⁽¹⁾, ganho por seleção (GS)⁽²⁾ e nova média predita para produtividade de grãos de doze genótipos de feijão preto de ciclo normal, em avaliados em Campos dos Goytacazes, RJ, considerando o desempenho médio nas safras 2016/17 e 2017/18.

Ordem	Genótipo	g	GS (Kg.ha ⁻¹)*	Nova Média
1	BRS Esteio	2,15	2,15 (0,14)	1.529,40
2	BRS FP 403	1,44	1,79 (0,12)	1.529,05
3	CNFP 15681	0,86	1,48 (0,10)	1.528,74
4	CNFP 15678	0,27	1,18 (0,08)	1.528,43
5	CNFP 15684	0,14	0,97 (0,06)	1.528,23
6	CNFP 15697	0,13	0,83 (0,05)	1.528,09
7	CNFP 15685	0,04	0,72 (0,05)	1.527,97
8	CNFP 15670	-0,24	0,60 (0,04)	1.527,85
9	CNFP 15676	-0,25	0,50 (0,03)	1.527,76
10	IPR Tuiuiu	-0,94	0,36 (0,02)	1.527,62
11	IPR Uirapuru	-1,72	0,17 (0,01)	1.527,43
12	CNFP 15695	-1,87	0,00 (0,00)	1.527,26

(1) g : efeito genotípico; (2)GS: ganho por seleção; *valores entre parênteses referem-se aos ganhos percentuais

Verificou-se que os ganhos por seleção preditos variaram entre 2,15 (0,14%) a 0,17 kg.ha⁻¹ (0,01%). A linhagem CNFP 15681 mostrou-se superior às demais, com ganho de 1,48 kg.ha⁻¹ (0,10%) em relação à média geral se selecionada, proporcionando uma nova média de 1.528,74 kg.ha⁻¹ para produtividade de grãos (Tabela 5).

Observou-se baixa amplitude para a característica, devido ao estreitamento das médias preditas. Isso mostra que, a diferença entre a maior e a menor nova média, ainda que ínfima, é de fato decorrente de efeito genético e não ambiental, provocado pelo REML/BLUP (RESENDE, 2002).

Na segunda estratégia de seleção, a qual considera o desempenho dos genótipos selecionados para ambientes específicos, neste caso, para as safras. Observa-se que, dois genótipos, CNFP 15676 e CNFP 15681, foram superiores na safra 2016/17, superando uma das cultivares testemunhas, BRS Esteio (Tabela 6).

Tabela 6. Estimativas do efeito genotípico de cada ambiente ($g + ge$)⁽¹⁾, ganho por seleção (GS)⁽²⁾ e nova média dos genótipos para produtividade de grãos de doze genótipos de feijão preto de ciclo normal, avaliados em Campos dos Goytacazes, RJ, nas safras 2016/17 e 2017/18.

Safr 2016				
Ordem	Genótipo	$g + ge$	GS (kg.ha ⁻¹)*	Nova Média
1	CNFP 15676	230,03	230,03 (15,14)	1.758,50
2	CNFP 15681	161,06	195,54 (12,88)	1.724,02
3	BRS Esteio	70,05	153,71 (10,14)	1.682,19
4	CNFP 15678	58,85	130,00 (8,59)	1.658,47
5	CNFP 15684	17,39	107,48 (7,12)	1.635,95
6	CNFP 15685	-17,19	86,70 (5,76)	1.615,17
7	IPR Tuiuiu	-19,07	71,59 (4,77)	1.600,06
8	BRS FP 403	-24,50	59,58 (3,98)	1.588,05
9	CNFP 15670	-29,72	49,66 (3,33)	1.578,13
10	IPR Uirapuru	-64,08	38,28 (2,59)	1.566,75
11	CNFP 15697	-136,97	22,35 (1,54)	1.550,82
12	CNFP 15695	-245,84	0,00 (0,00)	1.528,47
	Média		1.528,47	
Safr 2017				
Ordem	Genótipo	$g + ge$	GS (kg.ha ⁻¹)*	Nova Média
1	BRS Esteio	242,68	242,68 (15,81)	1.728,72
2	BRS FP 403	233,77	238,22 (15,52)	1.764,27
3	CNFP 15697	155,69	210,71 (13,72)	1.736,75
4	CNFP 15685	23,47	163,90 (10,65)	1.689,94
5	CNFP 15684	3,29	131,78 (8,55)	1.657,82
6	CNFP 15670	-5,91	108,83 (7,05)	1.634,87
7	CNFP 15678	-19,83	90,45 (5,84)	1.616,49
8	CNFP 15695	-26,18	75,87 (4,89)	1.601,91
9	CNFP 15681	-36,26	63,41 (4,07)	1.589,45
10	IPR Tuiuiu	-117,41	45,33 (2,89)	1.571,37
11	IPR Uirapuru	-186,99	24,21 (1,51)	1.550,25
12	CNFP 15676	-266,32	0,00 (0,00)	1.526,04
	Média		1.526,04	

⁽¹⁾ $g + ge$: efeito genotípico de cada ambiente; ⁽²⁾GS: ganho por seleção; *valores entre parênteses referem-se aos ganhos percentuais.

Os ganhos por seleção variaram de 1,54 a 15,14%. Os ganhos genéticos obtidos com a seleção dos referidos genótipos foram, respectivamente, 15,14 e 12,88%. Neste caso, a linhagem CNFP 15676 se selecionada, proporciona uma nova média de 1.758,50 kg.ha⁻¹ para produtividade de grãos. Esses valores de ganhos por seleção podem, também, ser considerados para a recomendação desses genótipos, selecionados em outros ambientes com padrão de interação genótipos x ambientes, similar ao padrão dessa pesquisa.

Em contrapartida, observa-se na safra 2017/18 que o genótipo CNFP 15676 que outrora estava entre os mais produtivos, nessa safra foi o último no ranking de genótipos, com a pior performance. Os ganhos por seleção variaram de 1,51 a 15,81%. A linhagem CNFP 15697 mostrou-se superior às demais, com ganho de 13,72% em relação à média geral se selecionada, proporcionando uma nova média de 1.736,75 kg.ha⁻¹ para produtividade de grãos (Tabela 6).

Na terceira e última estratégia de seleção, que avalia simultaneamente para produtividade, adaptabilidade e estabilidade de grãos, segundo o MHPRVG, revelou sete genótipos, BRS Esteio, BRS FP 403, CNFP 15681, CNFP 15678, CNFP 15684, CNFP 15685 e CNFP 15697, que apresentaram os maiores valores (MHPRVG \geq 1,0), cujos rendimentos variaram de 1.522,80 a 1.679,25 kg.ha⁻¹ (Tabela 7). Os genótipos que apresentam valores de MHPRVG acima ou igual a um, apresentam produtividade acima da média geral dos genótipos. Assim, tais genótipos selecionados podem ser considerados promissores, uma vez que apresentaram alta produtividade, ampla adaptabilidade e alta previsibilidade.

Os genótipos CNFP 15681, CNFP 15678 e CNFP 15684 foram consideradas as três melhores linhagens com base na estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG) e na estabilidade e adaptabilidade, simultaneamente (MHPRVG) e apresentaram o mesmo ordenamento genotípico para cada estratégia de seleção, ou seja, os genótipos estiveram entre o terceiro e o sexto colocado, superando às cultivares testemunhas IPR Tuiuiu e IPR Uirapuru.

Tabela 7. Estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG e PRVG μ), e estabilidade e adaptabilidade de valores genéticos (MHPRVG e MHPRVG μ) preditos pela análise BLUP, quanto à produtividade de grãos (kg.ha⁻¹) de doze genótipos de feijão preto de ciclo normal, avaliados em Campos dos Goytacazes, RJ, nas safras de 2016 e 2017.

Genótipo	MHVG	Genótipo	PRVG	PRVG μ	Genótipo	MHPRVG	MHPRVG μ
BRS Esteio	1.679,32	BRS Esteio	1,10	1.683,69	BRS Esteio	1,10	1.679,25
BRS FP 403	1.621,87	BRS FP 403	1,07	1.631,99	BRS FP 403	1,06	1.621,76
CNFP 15681	1.583,38	CNFP 15681	1,04	1.589,58	CNFP 15681	1,04	1.583,46
CNFP 15678	1.545,70	CNFP 15678	1,01	1.546,73	CNFP 15678	1,01	1.545,73
CNFP 15684	1.537,55	CNFP 15684	1,01	1.537,59	CNFP 15684	1,01	1.537,56
CNFP 15685	1.530,16	CNFP 15697	1,01	1.536,73	CNFP 15685	1,00	1.530,14
CNFP 15697	1.522,91	CNFP 15685	1,00	1.530,41	CNFP 15697	1,00	1.522,80
CNFP 15670	1.509,36	CNFP 15670	0,99	1.509,45	CNFP 15670	0,99	1.509,36
CNFP 15676	1.467,90	CNFP 15676	0,99	1.508,92	CNFP 15676	0,96	1.468,09
IPR Tuiuiu	1.457,28	IPR Tuiuiu	0,96	1.458,98	IPR Tuiuiu	0,95	1.457,32
IPRUirapuru	1.398,92	IPR Uirapuru	0,92	1.401,67	IPR Uirapuru	0,92	1.398,97
CNFP 15695	1.382,77	CNFP 15695	0,91	1.391,33	CNFP 15695	0,91	1.382,68

PRVG μ : adaptabilidade multiplicada pela média geral em todas safras; MHPRVG μ : adaptabilidade e estabilidade multiplicada pela média geral e todas as safras.

4. CONCLUSÃO

A seleção para produtividade de grãos apresenta condição dispendiosa para genótipos de feijão preto de ciclo normal e a recomendação é para ambientes (safras) específicos.

Os genótipos CNFP 15678, CNFP 15681 e CNFP 15684 foram selecionados, considerando o ganho genético predito para produtividade pelo desempenho nos dois ambientes (safras) e pelos atributos simultâneos de produtividade, adaptabilidade e estabilidade pelo MHPRVG.

O componente da interação exerce grande influência nas estimativas dos ganhos genéticos, evidenciando que essa influência deva ser considerada por parte do melhorista na seleção e na recomendação de novas cultivares específicas nos programas de melhoramento genético da cultura do feijoeiro.

O método da MHPRVG proporcionou seleção otimizada de genótipos responsivos e deve ser utilizado como estratégia de seleção de genótipos de feijão para plantios comerciais em todo o Brasil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa Arroz e Feijão pelo material disponibilizado para os ensaios de campo, a Pesagro-Rio/CEPAAR pelos auxílios concedidos e pelo aporte necessário para realização do experimento, à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) e as agências de fomento, à Fundação

Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Brasil, código de financiamento 001, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1]. BARBOSA, F.R.; GONZAGA, A.C. de O. Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum na região central brasileira: 2012-2014. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio do Goiás, 2012.
- [2]. BARROS, M.A.; ROCHA, M. de M.; GOMES, R.L.F.; SILVA, K.J.D. e; NEVES, A.C. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi de porte semiprostrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.48, n.4, p.403-410, 2013.
- [3]. CARNEIRO, J.E.; PAULA JÚNIOR, T.; BORÉM, A. Feijão: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV, 2015. 384 p.
- [4]. CARVALHO, L.P. de; FARIAS, F.J.C.; MORELLO, C. de L.; TEODORO, P.E. Uso da metodologia REML/BLUP para seleção de genótipos de algodoeiro com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva. Bragantia, v.75, p.314-321, 2016.
- [5]. CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra/graos>>. Acesso em: 29 jan. 2021.
- [6]. DELFINI, J.; CIRINO, V.M.; RUAS, C.F.; RUAS, P.M.; SANTOS NETO, J.; GONÇALVES, L.S.A. Estimation of genetic parameters and prediction of genotypic values in common beans using mixed models. Emirates Journal of Food and Agriculture, v.30, p.1026-1035, 2018.
- [7]. FEHR, W.R. Principles of cultivars development. New York: Macmillan, 1987, 536 p.
- [8]. GONÇALVES, G.M.; VIANA, A.P.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do; RESENDE, M.D.V. de. Breeding new sugarcane clones by mixed models under genotype by environmental interaction. Scientia Agricola, v.71, p.66-71, 2014.
- [9]. INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Dados históricos anuais. Disponível em: <http://portal.inmet.gov.br>. Acesso em 01 jun. 2021
- [10]. LIMA, T. V.; SANTOS, P. R. dos; OLIVEIRA, T. R. A. de; NASCIMENTO, M. R.; COSTA, K. D. da S.; COSTA, A. F. da; SILVA, K. da R. G. da; OLIVEIRA, T. L. P.; ARAÚJO, E. R.; SILVA, J. W. da. Adaptability and stability of early carioca beans by mixed models. Bioscience Journal, v.36, s.1, p. 173-182, 2020.
- [11]. MELO, P.G.S.; ALVARES, R.C.; PEREIRA, H.S.; BRAZ, A.J.B.P.; FARIA, L.C.; MELO, L.C. Adaptability and stability of common bean genotypes in family farming systems. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.53, n.2, p.189-196, 2018.
- [12]. PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C. de; PELOSO, M.J.D.; COSTA, J.G.C. da; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum com grãos tipo carioca na Região Central do Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, n.1, p.29-37, 2009.
- [13]. PREISIGKE, S.C.; VIANA, A.P.; SANTOS, E.A.; SANTOS, P.R. dos; AMBRÓSIO, M.; SANTOS, V.O. dos; SILVA F. da. Individual selection of the first backcross generation of passion fruit potentially resistant to the fruit woodiness disease. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.92, s.1, p.1-12, 2020.
- [14]. RESENDE M.D.V. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
- [15]. RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37, n.3, p.182-194, 2007.
- [16]. RESENDE, M.D.V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.16, n.4, p.330-339, 2016.
- [17]. ROCHA RS, SANTOS PR, OLIVEIRA TRA, DAHER RF, NASCIMENTO MR, SOUZA AG, OLIVEIRA LJS, SILVA KRG, COSTA KDS, COSTA AF & PEREIRA SANTOS H. 2020. Estimation of adaptability and stability of early strains of 'Carioca' and 'black beans' (*Phaseolus vulgaris*) in Pernambuco State, Brazil. Australian Journal of Crop Science, v.14, n.2, p.263-270, 2020.
- [18]. ROSADO, A.M.; ROSADO, T.B.; ALVES, A.A.; LAVIOLA, B.G.; BHERING, L.L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.47, p.964-971, 2012.
- [19]. SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A. de; ARAÚJO FILHO, J.C. de; OLIVEIRA, J.B. de; CUNHA, T.J.F. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5ed., rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018. 355 p.
- [20]. SANTOS, P.R. dos; COSTA, K.D. da S.; NASCIMENTO, M.R.; LIMA, T.V.; SOUZA, Y.P. de; COSTA, A.F. da; SILVA, J. W. da. Simultaneous selection for yield, stability, and adaptability of carioca and black beans. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.53, n.6, p.736-745, 2018.

- [21]. SANTOS, P.R. dos; OLIVEIRA, T.R.A. de; SKEEN, P.; NASCIMENTO, M.R.; SILVA, K.D. da S.; ARAÚJO, E.R.; PEREIRA, H.S.; COSTA, A.F. da. GGE Biplot and REML/BLUP based-analysis of yield stability and adaptability for common beans in multi-environment trials. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.14, n.2, p.1-8, 2019.
- [22]. SOUZA FILHO, B.F.; ANDRADE, W. E. de B. A cultura do feijão no Estado do Rio de Janeiro. Niterói: PESAGRO-RIO, 2010. 96 p.
- [23]. TORRES, F.E.; TEODORO, P.E.; SAGRILO, E.; CORREA, A.M.; CECCON G. Interação genótipo x ambiente em genótipos de feijão-caupi semiprostrado via modelos mistos. *Bragantia*, v.74, n.3, p.255-260, 2015.
- [24]. VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

Capítulo 13

Viabilidade agronômica e produtiva do consórcio de beterraba e rúcula

João Paulo Ascari

Fábio da Silva Melo

Inês Roeder Nogueira Mendes

Esdras da Silva Santos

Willian Marques Duarte

Resumo: O sistema de consórcio de culturas apresenta relevante importância e benefícios para produção de alimentos mais saudáveis e melhor aproveitamento do espaço. O objetivo deste estudo foi avaliar a produção das culturas da beterraba e da rúcula e a viabilidade agronômica do sistema consorciado. O experimento foi desenvolvido na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três tratamentos, T1: rúcula + beterraba; T2: rúcula; T3: beterraba), com seis repetições. A semeadura da rúcula foi direta no canteiro. A beterraba foi semeada em bandeja de polietileno, com posterior transplante para o canteiro. Para beterraba foi avaliado: diâmetro do tubérculo e massa verde; para a rúcula foi avaliada a massa verde da parte aérea. Foi realizada uma avaliação agronômica do uso eficiente da terra (UET). O consórcio da beterraba com a rúcula não apresentou efeito significativo, indicando que não houve interferência no desenvolvimento entre as culturas. Portanto, o cultivo em consórcio apresentou maior viabilidade agronômica no UET em relação ao monocultivo.

Palavras-chave: *Beta vulgaris*; *Eruca sativa*; agroecologia; consórcio.

1. INTRODUÇÃO

A olericultura é uma área muito importante na produção de alimentos, caracterizada pelo reduzido impacto ambiental quando realizada de forma adequada, principalmente por utilizar técnicas que otimizam o uso dos recursos ambientais e culturais de uma região. O consórcio de culturas é um bom exemplo. A técnica permite aumentar o número de plantas e espécies cultivadas na mesma área, tornando o sistema mais rentável. Custos adicionais com eliminação de plantas infestantes podem ser reduzidos devido ao rápido fechamento do solo. Maior eficiência na utilização de água, adubos e defensivos também são benefícios do consórcio de culturas (CECÍLIO FILHO e MAY, 2002).

A diversificação de produtos produzidos numa mesma área é importante, principalmente para pequenos produtores, possibilitando ter maior diversidade de produtos para comercialização. Muito se tem falado da sustentabilidade do sistema de produção agrícola nos dias atuais. O consórcio é considerado uma técnica amiga do meio ambiente, pois recursos ambientais como água são otimizados, ocorre menor infestação de plantas daninhas devido ao rápido fechamento do solo pelas culturas de interesse. O mais importante, a diversificação de culturas favorece o aumento da diversidade de insetos inimigos naturais, que desenvolvem um importante papel ecológico no controle das pragas. A maior presença de espécies de controle biológico de fitopatógenos como fungos, nematoides e bactérias também é atingida (REZENDE et al., 2005).

A escolha das espécies de um consórcio deve ser planejada, pois o tempo de convivência das espécies pode prejudicar a produtividade da cultura principal. A cultura da beterraba (*Beta vulgaris*) e da rúcula (*Eruca sativa*) apresentam diferenças de ciclo, arquitetura, necessidades nutricionais, hídrica e de luz. Portanto, os tratos culturais como espaçamento de plantas, densidade populacional, volume e turno de rega da irrigação, correção e adubação do solo precisam ser planejados considerando as necessidades das duas culturas (CECÍLIO FILHO e MAY, 2002).

Nosso estudo foi desenvolvido baseado na hipótese de que o cultivo consorciado pode apresentar efeitos de competição entre as duas culturas, reduzindo assim produção se comparado com o cultivo solteiro de cada espécie. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a produção das culturas da beterraba e da rúcula e a viabilidade agrônômica do sistema consorciado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus de Tangará da Serra. Os valores médios anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar são, respectivamente, 24,4°C, 1.500 mm e 80%, com altitude de 440 metros (DALLACORT et al. 2011). O solo é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2013). Da área experimental foram retiradas amostras de solo, cuja análise química apresentou os seguintes teores químicos (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química de nutrientes do solo da área do experimento, realizada antes da implantação do experimento.

pH H ₂ O	P	K	Al ³⁺	H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	mg dm ⁻³	cmol dm ⁻³				
5,75	0,83	0,2	0,6	3,0	2,35	3,1

Fonte: Laboratório de solos da UNEMAT, Campus de Tangará da Serra – MT, 2015.

O preparo do solo constou de uma gradagem, correção e adubação do solo, e em seguida o levantamento dos canteiros. As adubações de plantio e de cobertura para ambas as culturas, foram realizadas com base na análise de solo e recomendação de Filgueira (2008). Foi aplicado no plantio: 5 ton. ha⁻¹ de esterco de galinha curtido, 240 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 Kg ha⁻¹ de K₂O, incorporado 15 dias antes da semeadura da rúcula. As mudas de beterraba foram produzidas em bandeja de polietileno em ambiente protegido, e transplantadas para o canteiro quando as plântulas tinham seis folhas definitivas. Foi aplicado em cobertura 160 Kg ha⁻¹ de N e 80 Kg ha⁻¹ de K₂O aos 15, 30 e 50 dias após o transplante da beterraba.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com três tratamentos, T1: rúcula + beterraba; T2: rúcula; T3: beterraba, e seis repetições. Cada parcela apresentou 3,0 m de comprimento e 1,2 m de largura. A unidade experimental compreendeu quatro linhas de beterraba, transplantadas em

espaçamento de 0,30 x 0,10 m. A rúcula teve três linhas com espaçamento de 0,40 x 0,05 m, semeada nas entrelinhas da beterraba. Foi utilizado o mesmo espaçamento no cultivo solteiro e consorciado.

A área útil para beterraba, em ambas formas de cultivo, compreendeu as duas linhas centrais de cada unidade experimental, desconsiderando 0,50 m de cada extremidade. Para a rúcula cultivada no sistema de consórcio e solteiro a área útil compreendeu uma linha central, desconsiderando 0,50 m de cada extremidade. A colheita da beterraba e da rúcula foi realizada aos 60 dias após a semeadura. Foram avaliados na cultura da beterraba o diâmetro e a massa fresca da raiz, e para a rúcula a massa fresca total. Foi realizado estudo do uso eficiente da terra (UET) entre o consórcio e o monocultivo conforme Willey (1979).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e tendo as premissas paramétricas atendidas, as médias dos sistemas de cultivo foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%, foi utilizado para as análises estatísticas, o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi verificada diferença significativa entre os sistemas de cultivo consorciado e solteiro da cultura da beterraba e rúcula (Tabela 2) no desenvolvimento agrônomo de ambas as culturas. Em cultivos consorciados, geralmente o convívio entre as espécies utilizadas causam redução no desenvolvimento da cultura principal, porém, nossos resultados apontaram não haver esse efeito entre culturas tuberosa e folhosa. Dessa forma, do ponto de vista agrônomo, foi viável a utilização de sistemas consorciados de beterraba com rúcula. Esse sistema foi mais eficiente no uso do solo, adubação, controle fitossanitário e irrigação, visto que uma vez aplicado no canteiro, foi efetivo para ambas as culturas.

Tabela 2. Produção de massa verde (MV) e diâmetro do tubérculo (DT) da cultura da beterraba e rúcula cultivadas em sistema consorciado e solteiro. UNEMAT, Tangará da Serra – MT, Brasil, 2015.

Sistema cultivo	Beterraba		Rúcula
	DT ---(cm)---	MV -----[g]-----	MV
Consórcio	57,38 a	468,82 a	111,25 a
Solteiro	54,49 a	470,24 a	127,50 a
CV %	11,19	16,02	18,59

* Média seguida pela mesma letra na coluna não difere entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

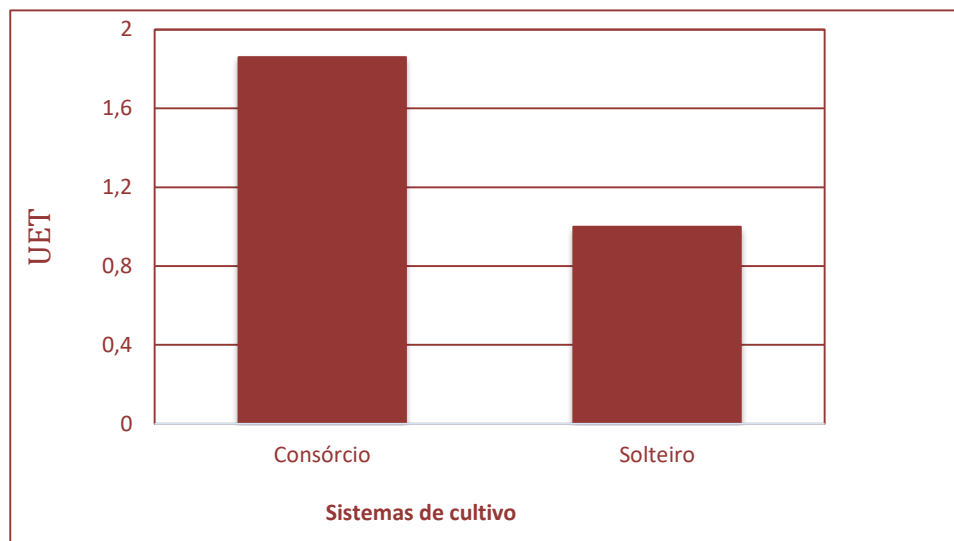
As variáveis DT e MS da beterraba e rúcula não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de cultivo. Resultados semelhantes foram observados por Grangeiro et al. (2011) em estudo conduzido testando o consórcio de beterraba e coentro, no qual não observaram diferenças na altura, massa seca e produtividade da beterraba. Uma vez que respeitado a densidade populacional e espaçamento, as culturas não devem competir por espaço. Além disso, o consórcio entre uma cultura folhosa e outra tuberosa aumenta a eficiência de uso do sistema, diferente do consórcio entre espécies com mesma finalidade produtiva.

Portanto, é preciso ter conhecimentos técnicos mais aprofundados das relações ecológicas das espécies, como relatado pelo pesquisador Gliessman (2001). Os pesquisadores Catelan et al. (2001) testando consórcio de beterraba e rúcula também não verificaram efeito adverso sobre a cultura principal (beterraba). Isso indica que o efeito da competição por espaço, luz, nutrientes e água imposto pela folhosa rúcula não interferiu no desenvolvimento da beterraba, assim como verificado no presente estudo.

Na literatura diversos trabalhos apontaram que o consórcio da rúcula consorciado com outras folhosas também não apresentou efeito negativo no desenvolvimento da cultura principal. Por exemplo, no trabalho de Costa et al. (2007), não observou diminuição da massa fresca e seca da alface (cultura principal), Cecílio Filho et al. (2008) não verificaram efeito negativo no desenvolvimento da Chicória (cultura principal), ambos em consórcio com a rúcula. Esses resultados demonstraram que a rúcula é uma cultura com muita plasticidade no cultivo, podendo dividir espaço com outras culturas tuberosas e folhosas sem interferir no desenvolvimento da cultura principal.

No índice de uso eficiente da terra (UET), valores iguais ou acima de um (1), indicaram que o consórcio foi eficiente no uso da terra. Os valores encontrados no presente trabalho indicaram melhor aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis no sistema consorciado em relação ao sistema solteiro. O maior valor de índice foi encontrado no consórcio, sendo 1,86 (Figura 1). Esse índice corresponde à produção de 86% a mais de beterraba e rúcula em um hectare de consórcio em relação à mesma área de cultivos solteiros. Estes resultados estão de acordo com resultados de outros estudos de consórcios, reportado por Rezende et al. (2005) e Grangeiro et al. (2011).

Figura 1. Viabilidade agrônômica do uso eficiente da terra (UET) no consórcio da beterraba e rúcula em relação ao monocultivo. UNEMAT, Tangará da Serra – MT, Brasil, 2015.



4. CONCLUSÕES

A rúcula não interferiu no desenvolvimento da beterraba (cultura principal) no sistema consorciado. O cultivo consorciado de beterraba e rúcula apresentou maior viabilidade produtiva.

REFERÊNCIAS

- [1]. CATELAN, F.; NARDIN, R. R.; CECILIO FILHO, A. B. Efeito do consórcio de beterraba e rúcula sobre sua produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 41, 2001, Brasília. Anais... Brasília: ABH, 2001. 1 CD-ROM.
- [2]. CECILIO FILHO, A. B. et al. Viabilidade produtiva e econômica do consórcio entre chicória e rúcula em função da época de plantio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 3, p. 316-320, 2008.
- [3]. CECÍLIO FILHO, A. B.; MAY, A. Produtividade das culturas de alface e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 1, p. 501-504, 2002.
- [4]. COSTA, C. C. et al. Viabilidade agrônômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. *Horticultura brasileira*, Brasília, v. 25, n. 1, p. 34-40, 2007.
- [5]. DALLACORT, R. et al. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.
- [6]. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2013. 353 p.
- [7]. FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- [8]. FILGUEIRA, F. A. R. Asteráceas alface e outras hortaliças herbáceas. In: *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 3ª edição. Viçosa: UFV, 2008, p. 300-305.
- [9]. GLIESSMAN, S. R. *Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável*. 2. ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 2001. 653 p.

[10]. GRANGEIRO, L. C. et al. Avaliação agroeconômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 242-248, 2011.

[11]. REZENDE, B. L. A. et al. Custo de produção e rentabilidade da alface crespa em ambiente protegido, em cultivo solteiro e consorciado com tomateiro. *Informações Econômica*, Jaboticabal, v. 35, n. 1, p. 42-50, 2005.

[12]. WILLEY, R. W. Intercropping – its importance and research needs. Part. 1- Competition and yield advantage. *Field Crops Abstracts*, Wallingford, v. 32, n. 2, p. 1-10, 1979.

Capítulo 14

Dinâmica e complexidade do processo inovativo no setor agrícola

Amilcar Baiardi

Maria Clotilde Meirelles Ribeiro

Resumo: A literatura contemporânea que trata da inovação no setor agrícola tem avançado ao evidenciar o esforço cooperativo e multiagente no processo inovativo. Ao mesmo tempo tem mostrado que a linearidade ciência – tecnologia - produção, não é confirmada pela realidade, dada à variedade de fontes e determinantes que estão presentes na geração e adoção da inovação. Partindo do entendimento que inovação na agricultura é nitidamente endógena e induzida, o presente trabalho pretende examinar alguns aspectos da complexidade do processo inovativo por meio da visão de autores clássicos e contemporâneos. O texto, tipicamente de revisão conceitual e teórica, finaliza com um *case*, uma breve apresentação do modelo dinamarquês de pesquisa agropecuária, visto pelos autores como um exemplo de interações virtuosas visando inovações e transferência do conhecimento para o setor produtivo.

Palavras Chave: Inovação tecnológica; Inovação na agricultura; características do processo inovativo

1. INTRODUÇÃO

A literatura no campo da economia da inovação, influenciada pela vertente do pensamento econômico evolucionista ou neo-schumpeteriana, é convergente no entendimento de que a inovação tecnológica é finalizada na empresa, muito embora não signifique que, fisicamente, a atividade de Pesquisa e Desenvolvimento, P&D, transcorra *in house*, ou seja, em instalações, laboratórios, oficinas e plantas-piloto da firma. É possível que a P&D ocorra integralmente na empresa ou no setor de produção de conhecimento, laboratórios / plantas piloto, de centro de pesquisa e de universidades. Da mesma forma, pode se dar parcialmente em qualquer dos dois segmentos, ou mesmo se verificar alhures, executada por terceiros, no limite encomendada no exterior, como faz a indústria farmacêutica dos Estados Unidos, contratando *R&D outsourcing*, na Índia, ver Baiardi e Basto (2013). Esta visão é um avanço em relação às antigas concepções do *mainstream* econômico que viam o progresso técnico como uma variável externa e a inovação como um processo linear, desenvolvido na esfera das instituições de pesquisa e/ou universidades. Dito de outro modo, para as já ultrapassadas concepções, o conhecimento técnico seria de livre acesso e disponível para as necessidades microeconômicas de otimização da firma, as quais variariam de acordo com os preços relativos dos fatores de produção, leia-se capital (K) ou trabalho (L).

O entendimento a respeito da gênese do conhecimento que promove o progresso técnico aplicado à produção na forma de inovações, tem sido preocupação de pensadores do econômico ao longo da história. Esse trabalho, traz, preliminarmente, a visão dos principais autores que se debruçaram sobre o tema e uma análise da complexidade e da natureza da inovação. Na sequência, aprofunda na especificidade da inovação do setor agropecuário, apresentando a tipologia de Pavitt (1984), vista por muitos como a mais adequada taxonomia para essa esfera econômica. Por fim, expõe brevemente o modelo de gestão da inovação na agropecuária adotado na Dinamarca, conhecido a partir de observação *in loco*.

2. INOVAÇÃO: CONCEITOS E COMPLEXIDADE DO PROGRESSO TÉCNICO

Entre os clássicos que discorreram sobre a gênese, complexidade e essência do processo inovativo, o pioneirismo cabe a John Barton, cujo argumento foi posteriormente retomado por Thomas Malthus e David Ricardo. Contudo, esses autores se preocupavam, principalmente, com os impactos da mecanização sobre o emprego e sobre a taxa de salário. Marx foi além, incorporando o progresso técnico no processo de acumulação e na sobrevivência da empresa capitalista, em sua famosa passagem sobre a transformação da lei do valor em lei de valorização do capital e sobre o movimento de perequação da taxa de lucro. Antes que visões mais contemporâneas emergissem, prevaleceu na esfera de influência do pensamento neoclássico durante as primeiras décadas do século XX, o entendimento de que o progresso técnico seria uma variável externa à organização produtiva. Contudo, nesse âmbito, se deve fazer registro das discordâncias de Joan Robinson e John Hicks sobre o perfeito equilíbrio e sobre a inter substituíbilidade dos fatores a partir dos preços relativos, como estabeleciam os cânones do paradigma neoclássico. Esses autores, em Cambridge e em Londres, deram início às cogitações sobre o progresso técnico induzido, sepultando a crença de que o conhecimento técnico aplicado ao setor produtivo era externo ao mesmo.

Entretanto, ainda que apoiados em Hicks, foram Hayami e Ruttan (1971) que ultrapassam o marco conceitual deste autor, situando o processo de geração de conhecimentos na órbita macroeconômica. É relevante destacar a contribuição do trabalho de Hicks (1984) ao final dos anos 1930 para a teoria de Hayami e Ruttan, conforme reconhecido pelos mesmos. Hicks introduziu o fator relativo de escassez e preços como os principais determinantes da inovação, casando a noção de inovação com o arcabouço neoclássico mais amplo e dando origem às teorias modernas de desenvolvimento agrícola e desenvolvimento econômico, postuladas posteriormente por Hayami e Ruttan no início dos anos 1970. Uma das principais contribuições de Hayami e Ruttan (1971) foi afirmar que a mudança tecnológica é uma variável endógena no processo de desenvolvimento, depende das forças econômicas, e que a tecnologia não é neutra nas suas características economizadoras de recursos, uma vez que as mudanças técnicas têm o papel de facilitar a substituição de um recurso por outro. (BAIARDI, 1986)

A história do pensamento econômico sugere que o marco no despertar o interesse pelo papel do progresso técnico no crescimento e na dinâmica econômica foi o trabalho de Jewkes et al. (1956). Antes dele, somente Schumpeter em seu *Business cycles* (1989), publicado em 1939, antecipou os efeitos da mudança técnica nos ciclos da economia capitalista.

Foi Schumpeter (1988), que trouxe a primeira tentativa de definir a mudança tecnológica e criou os fundamentos para a diferenciação entre inovação de produto, de processo e inovação organizacional. Considerando a inovação como resultado da ação do empresário, ele desenvolveu uma análise das

influências que o mercado e o ambiente institucional exercem sobre a geração de inovação, e propôs vários tipos de inovações, a saber: i) introdução de um novo produto ou uma mudança qualitativa em um produto existente; ii) inovação de processo novo para uma indústria; iii) a abertura de um novo mercado; iv) o desenvolvimento de novas fontes de fornecimento de matérias - primas e outros insumos e v) mudanças na organização industrial. Distinguindo inovações radicais de inovações incrementais, Schumpeter ressalta que as inovações radicais modelam grandes mudanças no mundo, enquanto aquelas de caráter incremental correspondem a um processo de mudança contínua. Enfatizando que as empresas inovam porque buscam lucros, o autor argumenta que, no caso da inovação de processo voltado para melhoria de produtividade,

“a empresa obtém uma vantagem de custo sobre seus concorrentes, o que lhe permite obter uma maior margem de lucro sobre o preço de mercado praticado ou, dependendo da elasticidade da demanda, lhe permite usar uma combinação de menor preço e maior mark-up que seus concorrentes para conquistar fatia de mercado e buscar rendimentos adicionais” (SCHUMPETER, 1988 p.16).

No caso da inovação de produto, o autor afirma que a empresa conquista uma posição de monopólio temporário, seja por uma patente (monopólio legal) ou pelo atraso dos concorrentes para imitá-la, e complementa que esta posição de monopólio permite que a empresa defina um preço mais elevado do que seria possível em um mercado competitivo.

Por sua vez, Freeman (1987) definiu quatro categorias diferentes de inovação: incremental, radical, mudanças do sistema tecnológico e mudanças no paradigma técnico-econômico (revolução tecnológica). Em relação às características da inovação, grande parte da literatura prevê a existência de duas delas com caráter de essencialidade: novidade e viabilidade. Esta convergência se estabelece também no considerar que a gestão da inovação é uma atividade fortemente direcionada para a criação de novas alternativas que levem a um conjunto de opções viáveis.

Sob uma abordagem tipológica, o Manual de Oslo (OCDE, 1999), em sua 3ª edição, identifica quatro tipos de inovação: de produto, de processo, de marketing e inovações organizacionais. O documento destaca o papel fundamental da inovação, argumentando que no nível macro há um conjunto de provas de que a inovação é o fator dominante no crescimento econômico nacional e no estabelecimento de padrões internacionais de comércio. Por outro lado, no nível micro, no interior das empresas, pesquisa e desenvolvimento (P&D) é entendida como aumento da capacidade de uma firma absorver e fazer uso de novos conhecimentos de todos os tipos, não apenas do conhecimento tecnológico. Este documento afirma que a inovação é uma atividade complexa e diversificada, com muitos componentes que interagem na sua geração, sendo ela o cerne da mudança econômica. O texto do manual afirma que a distinção entre uma novidade tecnológica e outras melhorias, repousa em grande parte sobre as características de desempenho dos produtos e processos envolvidos e acrescenta que a sua aplicabilidade dependerá do grau em que tais características, com destaque para a novidade, são fatores importantes para as vendas na empresa ou na indústria em causa. (RIBEIRO, 2014)

As diferentes narrativas quanto à origem e os contextos da atividade inventiva e inovativa, registram a presença de elementos comuns. Mais recentemente, um aspecto repetidamente analisado diz respeito às origens do avanço e direção do progresso técnico. Conforme Habakkuk (1962), as experiências tecnológicas americana e britânica com respeito à taxa e à direção da atividade inventiva e inovativa, estão necessariamente entrelaçadas. De outro modo, embora existam diferentes visões quanto ao processo de gênese e de influências contextuais da atividade inovativa, a literatura econômica contemporânea tem definido causas comuns dentro de um amplo leque de invenções e inovações, na busca daquilo que seria o impulso inicial da geração de inovação.

Em uma distinção “schumpeteriana”, invenção é uma ideia, um esboço, sobre um modelo para uma nova ou melhorada utilidade, produto, processo ou sistema, e não necessariamente conduz à inovação tecnológica, que é uma criação finalizada e comercializável na forma de produto ou processo. As contribuições teóricas sobre este argumento, em geral, definem duas abordagens básicas, a primeira apontando as forças de mercado como determinante principal da mudança técnica (as teorias *demand pull*) e a segunda, definindo tecnologia como um fator autônomo, ou quase autônomo, pelo menos no curto

prazo, como *causa causans*, ou responsável primeira da inovação (as teorias *technology push*)⁴. (FREEMAN, 1987; ROSENBERG, 2006; DOSI, 2006).

Grosso modo, a teoria da indução pela demanda entende o processo causal da inovação segundo a seguinte sequência: 1. Existe no mercado, em dado momento, um conjunto de bens de consumo e de bens intermediários que incorporam as “necessidades” dos compradores; 2. Os consumidores ou usuários expressam suas preferências em relação às características dos bens desejados através de seus padrões de demanda; 3. Com o aumento da renda, os consumidores/usuários passam a demandar proporcionalmente maior quantidade de bens com características que satisfazem suas necessidades de modo mais adequado; 4. Os produtores constatarem, através dos movimentos da demanda e dos preços, as necessidades expressas pelos consumidores/usuários, mediante a indicação de que certas “dimensões de utilidade” apresentam um peso maior e 5. Neste ponto, então, começa o processo de inovação, por meio do qual as firmas irão trazer ao mercado seus bens novos ou aperfeiçoados, permitindo que o mercado monitore a aptidão desses bens para satisfazer as necessidades dos consumidores.

Assim, segundo essa teoria, geralmente existe a possibilidade de se saber, a priori, (antes do processo de invenção ocorrer) a direção na qual o mercado está “induzindo” a atividade inovativa dos produtores e parte importante do processo de sinalização se dá por meio de movimentos dos preços relativos e quantidades. A indução do mercado nem sempre ocorre pela via do consumo de bens que satisfaçam ao usuário, proporcionando prazer. Há uma demanda permanente por inovações essenciais ao funcionamento da economia e por fármacos mais eficientes no controle e cura de enfermidades e diminuição do sofrimento e desconforto do homem e de outros animais. (DOSI, 2006; BAIARDI, 2016)

Quanto à teoria do impulso pela ciência e tecnologia, pelo lado da oferta, sua visão é também sequencial em relação ao processo da inovação e se apresenta, grosso modo, da seguinte maneira: 1. A pesquisa básica realiza descobertas científicas que mapeiam o curso da aplicação prática, eliminando os “becos sem saída” e permitindo ao cientista aplicado e ao engenheiro atingir seus objetivos com a máxima velocidade, direção e economia; 2. A pesquisa aplicada utiliza os resultados da pesquisa básica, concebendo a aplicação para os mesmos via demonstração da viabilidade do desenvolvimento de processos e produtos, explorando caminhos e métodos alternativos; 3. O desenvolvimento faz a adaptação sistemática dos achados da pesquisa aplicada à materiais, dispositivos, sistemas, métodos e processos úteis, com vistas à sua produção e operação e 4. A produção e as operações – conforme sejam produtos ou processos desenvolvidos – tornam, então, concretas e disponíveis as inovações tecnológicas capazes de satisfazer toda a gama de necessidades da sociedade. Assim, segundo essa teoria, os progressos da ciência são a principal fonte da inovação tecnológica. Esse tipo de pensamento ficou conhecido como o “modelo linear”. (STOKES, 2005; BAIARDI, 2016)

Embora possa parecer tão claro e fácil atribuir a estes dois movimentos, atuando simultaneamente, ou não, a responsabilidade pela inovação, isto seria, segundo Dosi (1984), uma simplificação muito difícil de acontecer na prática. Para o autor, esta classificação é reducionista, embora a mesma permaneça útil para o bem da exposição. De acordo com Dosi (2006), malgrado a fundamental diferença entre as duas abordagens no que tange ao peso atribuído aos sinais de mercado em direção à atividade inovativa e à mudança técnica, ambas não exploram, devidamente, nem o papel da ciência, e, muito menos, a influência dos entornos.

Evidências fornecidas pelos estudos recentes sobre habitats e sistemas da inovação, parecem indicar que existe mais complexidade do que se supunha inicialmente ao definir os contextos da inovação como sendo predominantemente influenciados pela *demand pull*, ou pela *technology push*. Em realidade, ao se pensar a tecnologia como fator autônomo, se está subestimando todos os condicionamentos culturais, entre eles o do próprio mercado, que são exercidos sobre a ciência e que se propagam em direção à tecnologia e à inovação. (EDQUIST, 1997).

Assim, se o que se pretende é avaliar o papel da ciência como impulso inicial da cadeia descendente em direção à inovação, é de grande interesse verificar se a mesma tem seu entorno influenciado por uma cultura afirmativa de valores que legitimem a produção científica, sejam eles fomentados pela sociedade ou pelo Estado. De outro modo, é importante perscrutar como nasce e se desenvolve a atividade de pesquisa, o quanto ela é reconhecida, o quanto é aberta às influências da sociedade (entre elas as do mercado), uma vez que isto é que definirá se ela é endógena ou se é replicante, ou reflexa. As tentativas de colocar na órbita exclusiva do mercado ou na esfera predominante da tecnologia as causas da inovação,

⁴ Atribui-se a Schmookler (1966) a ideia de que o mercado e a tecnologia como fatores autônomos comporiam as duas lâminas de uma tesoura que convergiriam para definir a posição da efetiva causa da inovação.

porquanto representem um esforço de sistematização, não podem desconhecer que as inter-relações entre ciência - tecnologia - produção, envolvem uma total complexidade dos procedimentos científicos e tecnológicos, dentro da esfera da pesquisa e do desenvolvimento, P&D, e fora dela. Outra limitação diz respeito ao nível de desenvolvimento científico tecnológico que, quanto maior, teria melhores condições de se constituir no elo virtuoso da cadeia. Sua vantagem decorreria da capacidade de impulsionar um conjunto de relações à montante, à jusante e ao longo da cadeia de produção de conhecimento, na forma de produtos, serviços, mediações, apoios do Estado e da sociedade, protagonismo de agentes etc. (BAIARDI, 2016)

Essa configuração foi imaginada graficamente por meio de um triângulo equilátero, “Triângulo de Sábato”, no qual o governo (Estado) ocuparia o vértice superior, enquanto os outros dois elementos, empresa e setor de produção de conhecimento, ocupariam os vértices da base, ou inferiores. Na configuração ocorreriam três tipos de nexos: intra-relações, as que ocorrem entre os diferentes componentes de cada vértice; inter-relações, que são as que se estabelecem deliberadamente envolvendo os vértices entre si e extra-relações, que são as estabelecidas entre os vértices, isolada ou combinadamente, e o exterior. O triângulo de Sábato, a rigor Sabato-Botana (1968), foi concebido quando da vigência do paradigma da dependência para explicar o subdesenvolvimento econômico, comparando as relações entre o sistema produtivo, o científico e o Estado, na periferia e no centro, sugerindo que, neste último, países industrializados, as relações entre os vértices eram intensas, enquanto na primeira eram frágeis e se estabeleciam, principalmente, com seus correspondentes externos. Esta abordagem, com alguma aceitação nos anos 1970, perdeu capacidade de explicação com a intensificação da globalização econômica, redefinindo o sentido de centro e periferia e a relação entre os mesmos. A perda de influência do paradigma da dependência na agenda da política de ciência e tecnologia, ensejou o surgimento da teoria da tríplice hélice, também constituída pelas três dimensões do triângulo. Esta visão, a rigor, é uma evolução da concepção do Triângulo de Sábato, que já contemplava o dinamismo das economias baseadas no conhecimento. Na triple hélice, a universidade assumiria um papel maior destaque, promovendo a inovação por meio da sua interação com as duas outras pás, de modo dinâmico. (ERBER, 2010)

Para Erber (2010), ...

A “Teoria da Tríplice Hélice” propõe a interação tridimensional entre três tipos de instituições na qual a empresa seria o lócus de produção, o governo a fonte de relações contratuais que garantiriam trocas e interações estáveis e a universidade a fonte de novo conhecimento e tecnologia. A Tríplice Hélice parte da percepção de que mudanças na profundidade e no significado do papel do governo, das empresas e das universidades estão ocorrendo. Essas mudanças estão levando as empresas, governos e universidades a interagirem e a usarem a ciência e a tecnologia para produzir riqueza. (ERBER, 2010, p. 15)

A visão da “tríplice hélice”, a exemplo do “triângulo de Sábato”, está também concebida para explicar a dinâmica da inovação, constituindo um avanço em relação à representação reducionista da chave explicativa da inovação, como sendo o das “lâminas da tesoura”, aproximando até o encontro a “demand pull” e a “technology push”.

Em trabalho apresentado no XVth World Economic History Congress, Lamoreaux et al. (2009) traçam a longa trajetória por meio da qual as inovações deixaram de ser obra de *free lancers*, que trabalhavam em suas oficinas e laboratórios domésticos, para ser obra de indústrias. Esse período anterior era conhecido como a “idade ouro” do inventor independente. Essa transição não sugere, entretanto, que o processo de inovar em si tenha saltado das condições artesanais para as condições de automação, linha de montagem ou de célula produtiva, analogamente ao que teria acontecido na passagem da manufatura para a grande indústria. Para a autora, a passagem do inventor artesanal diretamente para os laboratórios das grandes firmas, para os *in-house research laboratories*, ou para instituições de P&D mantidas pelo setor produtivo, não foi a tendência dominante de novas descobertas tecnológicas. Por meio dos mercados de capitais, pequenas e médias firmas se capitalizaram e buscaram investir em tecnologias, diretamente em suas plantas e por meio de laboratórios de universidades. Estes são os emblemáticos exemplos do *Sylicon Valley* e da *Route 128*.

Embora seja pacífico o entendimento que o lócus da inovação é a empresa, ou a unidade de produção no caso da agricultura, a operacionalização pode se dar por múltiplos arranjos, estendendo-se para fora ou para dentro do espaço da firma. Estes arranjos vão desde os laboratórios inteiramente domésticos com grande autonomia, até a pesquisa feita em todas as suas etapas nas bancadas e plantas-piloto das

universidades ou instituições de pesquisa. No caso da inovação no setor agrícola, os arranjos podem ser mais amplos e mais complexos, como será adiante discutido.

3. NATUREZA DA INOVAÇÃO

Dosi (2006), assumindo a complexidade do processo inovativo, considera que a sequência descendente, ciência – tecnologia – produção, significa, uma simplificação que negligencia a crucial influência de longo prazo dos entornos econômicos e tecnológicos sobre a própria ciência. Assim, segundo o autor, do mesmo modo que é empiricamente ridículo e teoricamente inalcançável partir do suposto que todos os agentes são iguais no acesso à tecnologia, em qualquer ramo da indústria e em sua capacidade de inovar, é ridículo também apontar as forças de mercado como determinante principal da mudança técnica, como fazem as teorias *demand pull*.

Para Dosi (2006), para entender a natureza da inovação, alguns aspectos devem ser enfatizados em benefício da definição das suas determinantes e condicionantes de primeira, segunda e última instância, entre eles:

1. O papel crescente dos insumos científicos no processo inovativo;
2. A complexidade crescente das atividades de pesquisa e desenvolvimento, P&D, as quais fazem com que as firmas encarem o processo inovativo como uma matéria de planejamento de longo prazo;
3. Uma significativa correlação entre os esforços de P&D (como uma *proxy* dos insumos do processo inovativo) e o produto da inovação (medida pela atividade de patenteamento) em alguns setores industriais;
4. Uma significativa soma de inovações e melhoramentos oriunda do *learning by doing*, o qual é, em geral, expressado nas pessoas e nas organizações (firmas em primeiro lugar);
5. O aumento da formalização institucional da pesquisa, não obstante as atividades inovativas e as pesquisas mantenham uma intrínseca natureza incerta. Isto se opõe a qualquer hipótese de um conjunto de escolhas tecnológicas conhecidas *ex-ante*;
6. A mudança técnica não ocorre ao acaso, por dois motivos. Primeiro, as direções da mudança técnica são frequentemente definidas pelo estado da arte das tecnologias já em uso. Segundo, é frequente o caso no qual a probabilidade das firmas e organizações obterem avanços técnicos é, entre outras coisas, uma função dos níveis tecnológicos já obtidos por elas e
7. A evolução das tecnologias ao longo do tempo apresenta algumas regularidades significativas e uma delas, com frequência, é capaz de definir caminhos das mudanças em termos de algumas características tecnológicas e econômicas dos produtos e processos.

Da mesma maneira, segundo Dosi (2006), é negligente definir tecnologia como um componente ou fator autônomo ou quase autônomo, pelo menos no curto prazo, como fazem as teorias *technology push*. Para o autor, a fácil distinção no nível teórico é difícil de acontecer na prática, embora permaneça útil para a exposição, pois há de fato uma fundamental diferença entre as duas abordagens, no que tange ao papel atribuído aos sinais de mercado em direção à atividade inovativa e à mudança técnica.

No caso de ser necessário definir uma hierarquia de determinantes, Dosi (2006) tende a apontar os sinais de mercado como posicionados no âmago da discussão. A possibilidade de um conhecimento *a priori* (antes que o processo de invenção tome lugar) da direção na qual o mercado está atraindo a atividade inovativa dos produtores, parece, ao autor, como merecedora de atenção maior. Não obstante, não há como não reconhecer que existe uma complexa estrutura de retroalimentações entre o entorno econômico e a direção das mudanças técnicas. Uma tentativa de teorizar a mudança técnica deve definir a natureza destes mecanismos de interação. Em diferentes modos as teorias de *demand pull* e *technology push*, segundo o autor, parecem ter falhado em operar assim. Diferentes abordagens teóricas sugerem uma multivariada explicação da atividade inovativa e alguns tipos de determinações contextuais entre fatores relacionados com a ciência e variáveis econômicas. Para Dosi (2006), aplicar-se-ia ao processo evolutivo das tecnologias, *mutatis mutandis*, os princípios dos paradigmas contidos na obra de Thomas Khun (1970). Dosi (2006) sempre duvidou da possibilidade do progresso técnico ser explicado pelas forças da *demand*

pull e da *technology push* e propôs um modelo para elucidar as origens e direções do avanço técnico que, de certa forma, integra aspectos das duas visões antes descritas.

Em analogia ao conceito de paradigma científico elaborado por Khun (1970), ou ao conceito de programas de pesquisa científica, elaborado por Lakatos (1978), Dosi (2006) propõe a existência de “paradigmas tecnológicos”, ou programas de pesquisa tecnológica. Segundo a analogia, o “paradigma tecnológico” é definido como um “modelo” e um “padrão” de solução de problemas tecnológicos selecionados, baseados em princípios derivados das ciências naturais e em tecnologias materiais selecionadas. Assim como o paradigma científico determina o campo de inquirição, os problemas, os procedimentos e as tarefas (os quebra-cabeças de Kuhn), o mesmo acontece com a tecnologia. Assim como a “ciência normal” constitui a “efetivação de uma promessa” contida num paradigma científico, o “progresso técnico” é definido por meio de determinado “paradigma tecnológico”. A “trajetória tecnológica” é definida como o padrão da atividade “normal” de resolução do problema, com base num paradigma tecnológico.

Uma forma mais objetiva de apresentar o conceito é dizer que o processo de inovação que introduz produtos radicalmente novos e dá origem a ramos completamente originais, corresponde ao conceito de emergência de um novo paradigma tecnológico, *mutatis mutandis* com o que acontece na ciência. Uma característica do paradigma tecnológico, ou programa de pesquisa, é a imposição de fortes prescrições sobre as direções da mudança técnica a perseguir e a negligenciar, pois dadas algumas necessidades tecnológicas genéricas, emergem determinadas tecnologias específicas, com suas próprias soluções para os problemas, por meio da exclusão de outras tecnologias possíveis. (BAIARDI, 2016)

Assim, a identificação de um paradigma tecnológico relaciona-se com a necessidade genérica à qual está aplicado: com a tecnologia material selecionada, com as propriedades físico-químicas exploradas e com as dimensões e os equilíbrios tecnológico e econômico focalizados. O progresso técnico pode ser entendido como o aperfeiçoamento desses equilíbrios, relacionados às dimensões tecnológica e econômica. (DOSI, 2006). É interessante notar que o próprio Dosi (2006, p. 43) alerta que... “devemos considerar uma aproximação à própria ideia de ‘paradigma tecnológico’, mais adequada em alguns casos, e menos em outros.”

Após o esclarecimento dos conceitos desenvolvidos por Dosi, pode-se passar ao que seria o “processo de seleção dos paradigmas tecnológicos”. Este se apresenta como uma primeira etapa no estabelecimento da direção do avanço técnico. A análise desse processo toma por base a sequência ciência-tecnologia-produção como uma imprecisa simplificação lógica, pois, como já dito, não considera a influência a longo prazo dos ambientes econômico e tecnológico sobre a própria ciência. Sobre essa influência ver Rosenberg (2006).

Dosi (2006), desenvolve sua hipótese a partir da constatação de que na ciência os problemas e os quebra-cabeças de fato considerados são muito mais limitados em quantidade do que o total de problemas e quebra-cabeças potencialmente admitidos pelas teorias científicas. A passagem da teoria científica para as ciências aplicadas e para a tecnologia, reduziria ainda mais os problemas e os quebra-cabeças. Isso seria explicado em função de que, ao longo da sequência ciência-tecnologia-produção, os fatores econômicos, institucionais e sociais funcionariam como dispositivo seletivo, reduzindo as possibilidades de direções de desenvolvimento permitidas pela ciência. (DOSI 2006)

Entre os critérios econômicos, sociais e institucionais atuando como seletores do paradigma, estão mecanismos genéricos de mercado, como exequibilidade, negociabilidade e rentabilidade (incluindo redução de custos); os interesses econômicos das organizações envolvidas em P&D nessas novas áreas tecnológicas; a história tecnológica das mesmas e seus campos de especialização e variáveis institucionais como as de órgãos públicos civis e militares e, especialmente, as políticas públicas definidoras de uma trajetória tecnológica específica. Se por um lado, no estágio inicial da história de um ramo industrial, há fragilidade dos mecanismos de mercado na seleção *ex-ante* das direções tecnológicas, por outro, mesmo quando ocorrer uma grande focalização institucional, haverá ainda diversas possibilidades tecnológicas, com diversas organizações, firmas e indivíduos apostando em diferentes soluções tecnológicas. (DOSI, 2006)

Entre a ciência e a produção (ou seja, no segmento da tecnologia), as atividades que têm como objetivo o progresso técnico ainda apresentam muitos procedimentos e características semelhantes à ciência, isto é, a atividade de resolução do problema através de linhas definidas pela natureza do paradigma. Os critérios econômicos agiriam como seletores, definindo cada vez mais precisamente as trajetórias reais seguidas, dentro de um conjunto muito maior de trajetórias possíveis. Depois de selecionada e estabelecida uma trajetória, esta apresenta um impulso próprio, representado pelo movimento do balanço das variáveis

tecnológicas, definidas como relevantes pelo paradigma. (NELSON e WINTER, 1977; ROSENBERG, 1969 e 1991)

Na etapa final da sequência lógica “ciência-tecnologia-produção”, após a produção e venda de um novo produto, os mercados voltam a funcionar como ambiente seletivo. O mercado funciona, então, *ex-post*, como dispositivo seletor, em relação a um conjunto de produtos já determinados pela oferta. Às vezes, quando estão surgindo novas tecnologias, pode-se observar novas empresas tentando explorar diversas inovações tecnológicas, na medida em que o mercado funciona como um sistema de recompensas, verificando e selecionando as mais diversas alternativas. (DOSI, 2006)

Ainda falta um elemento para completar o modelo proposto por Dosi: as influências das mudanças ocorridas no ambiente econômico sobre a mudança técnica. As mudanças nos preços relativos e das participações distributivas afetam a demanda das mercadorias e as rentabilidades relativas para fabricá-las, provocando pressões em diversos níveis, com relação às trajetórias tecnológicas e aos mesmos critérios de seleção, através dos quais são escolhidas as trajetórias. Uma das considerações do modelo, então, é que esforços tecnológicos de busca de novas direções tecnológicas surgem em função de duas situações: novas oportunidades abertas por desenvolvimentos científicos, ou crescentes dificuldades de continuar numa dada trajetória tecnológica, seja por razões tecnológicas ou econômicas. Dessa maneira, é sugerido que... “mudanças (relativamente) exógenas se relacionam à emergência de novos ‘paradigmas tecnológicos’, enquanto que a mudança endógena refere-se ao progresso técnico ao longo das ‘trajetórias’ definidas por esses paradigmas.” (DOSI, 2006; p. 25)

Outro autor que explora os conceitos e a natureza do progresso técnico é Nelson. Segundo Nelson (2006), entre os elementos constantes dos processos de geração de novas tecnologias estão: a) o considerável grau de incerteza envolvido; e b) o fato de existirem, normalmente, múltiplos empreendedores de P&D. A “máquina”, o motor das inovações capitalistas, acaba definindo um caminho viável para assegurar múltiplas fontes de iniciativas, através de uma competição real entre aqueles que apostam em diferentes ideias. E isto se dá num contexto em que há um amplo acesso ao conhecimento genérico básico necessário para ponderar inteligentemente as possibilidades existentes, acompanhado de fortes incentivos para prestar atenção aos sinais do mercado e para cortar as perdas, quando fica claro que se optou por um caminho equivocado.

Quando um ramo ou uma área tecnológica são novos, uma grande variedade de aproximações à inovação tecnológica, ou a estratégias, são adotadas pelas diversas empresas. Conforme a experiência aumenta, algumas das abordagens começam a parecer melhores do que outras. As empresas que fizeram as escolhas corretas saem-se melhor. Aquelas que não as fizeram precisam assimilá-las, ou abandonar a competição. Numerosos estudos têm mostrado que conforme um ramo ou uma tecnologia amadurece, observa-se uma significativa redução do número de empresas envolvidas e, em alguns casos, o surgimento de um “projeto dominante”, com todas as empresas sobreviventes produzindo alguma variante deste projeto, voltada para o nicho que elas encontraram. (BAIARDI, 2016; NELSON, 2006)

Na linha de enfocar a natureza da inovação é relevante a contribuição de Malerba e Orsenigo (1997) os quais argumentam que a tecnologia se associa ao regime tecnológico que define os padrões inovadores de acordo com as condições de oportunidade, apropriabilidade e acumulação, assim como da natureza da transmissão de conhecimento. Segundo os autores, as oportunidades tecnológicas estão relacionadas com o potencial de inovação de cada tecnologia e aumentam de acordo com o crescimento dos investimentos em P & D. A apropriabilidade diz respeito ao grau de proteção das inovações contra imitações. Já a acumulação, é vista como a capacidade de inovar com base em inovações passadas e em áreas afins do conhecimento. Finalmente, o conhecimento tecnológico é definido de acordo com seus graus de especificidade, codificação e complexidade. Acrescentam que o conhecimento específico é codificado para aplicações industriais e que quando o conhecimento é generalizado, ele pode ser aplicado em diferentes campos da pesquisa científica. Por outro lado, quando se trata de um conhecimento codificado, os processos de transferência tendem a ser mais rápidos do que quando se trata de conhecimento tácito e, similarmente, a difusão de novos conhecimentos se dá de forma mais ágil que no caso de conhecimento tácito. Consequentemente, os processos geradores de inovações diferem profundamente entre os mais diversos setores, exigindo, assim, análises singulares que levem em conta suas peculiaridades. (RIBEIRO, 2014)

Outra relevante contribuição para entender a natureza e o impacto das mudanças técnicas é a de Pavitt (1984). O autor descreve e tenta explicar as semelhanças e diferenças de mudanças técnicas nos diversos setores econômicos. A classificação exigiu uma ampla revisão de pesquisas anteriores e observações das principais linhas de atuação das empresas inovadoras em vários setores de produção. Pavitt partiu da

contribuição de grande número de pesquisadores que observaram o que ocorria nas etapas de produção, adoção e difusão de inovações e como as mesmas impactavam no desenvolvimento econômico e na mudança social, em países com diferentes vantagens e características. O contexto que influenciava a atividade inovativa, como qualidade da formação da mão de obra, as políticas públicas, as instituições de crédito, a taxa salarial, os sistemas de impostos etc., também foi avaliado.

No entendimento da natureza da inovação, aos avanços trazidos por Dosi (2006), na conceituação dos “paradigmas tecnológicos”, juntaram-se os de Malerba e Orsenigo (1997) com os “regimes tecnológicos” e os de Pavitt (1984) com a “taxonomia dos padrões setoriais de mudanças tecnológicas”. Esta última contribuição, aparentemente é a mais adaptada para apreender a especificidade da inovação na agropecuária, dado o número de instituições e agentes envolvidos.

4. INOVAÇÃO NO SETOR AGROPECUÁRIO

A produção vegetal e animal, vista como uma atividade centralizada no setor agropecuário, se situa nitidamente no meio de uma cadeia com atividades à montante (produção de sementes, fertilizantes, máquinas, rações, medicamentos, equipamentos, defensivos etc.) e atividades à jusante (pós-colheita, armazenamento, processamento, transporte, logística, serviços etc.). Esta complexidade enseja uma certa dificuldade na definição de uma tipologia básica de inovações.

No caso do setor agropecuário é comum encontrar inovações que podem ser duplamente definidas: como inovação de produto, uma vez que envolve a introdução comercial de um produto que é novo para os clientes, e como inovação de processo, porque envolve o uso de uma nova abordagem para a criação ou comercialização de produtos existentes ou melhorados.

De acordo com a literatura, a inovação na agricultura tem suas origens no início da própria agricultura. As variedades tradicionais de cultivos evoluíram por meio da seleção natural, com adaptação à ambientes locais. As práticas produtivas também foram alteradas, assim como simples ferramentas manuais foram criadas e depois complementadas por tração animal. A transferência de arado do norte da China para outros países, com diferentes condições de umidade do solo, passou por mudanças em sua configuração, o que é um claro exemplo de adaptação e, portanto, de inovação à época. (JARRET, 1985)

Outros exemplos devem muito à inventividade do agricultor, como melhorias no desempenho do touro e do carneiro, assim como inovações em máquinas agrícolas, entre outros. No século XVIII houve exemplos de inovação no sistema de cultivo, na pastorícia e na criação confinada, logrando o aumento da disponibilidade de alimentos. Ainda neste século registram-se inovações que permitiram a semeadura no campo, o controle de ervas daninhas, o uso de sistemas de rotação de culturas e o ceifeiro. Um exemplo emblemático de inovação antes da revolução agrícola produzida pelo uso da química, é o desenvolvimento da agricultura australiana. Considerando que os colonizadores europeus encontraram diferentes condições de sazonalidade na Oceania e nenhum sistema de cultivo indígena ou de criação animal, tiveram os mesmos que adaptar e modificar suas lavouras, sua pecuária e práticas agrícolas, para o novo ambiente. Já na direção oposta, os colonos europeus ocidentais na América do Norte contaram com uma tecnologia indígena desenvolvida, adequada ao clima, solo e culturas nativas, além do próprio conhecimento que trouxeram do seu continente de origem. Dessa forma, a agricultura americana contou não apenas com o estoque de inovações trazidas por colonizadores europeus, mas também com uma transferência de conhecimento autóctone, que viabilizou uma agricultura intensiva que produzia alimentos para a Europa. (RIBEIRO, 2014)

Consoante Vieira Filho (2012) a principal transformação da trajetória tecnológica na agricultura começou cerca de 200 anos atrás após a publicação da última edição do Ensaio sobre a população por Malthus, no início dos anos 1800. No entanto, somente na metade do século passado, essas transformações foram capazes de alterar significativamente a produtividade agrícola. O autor argumenta que até 1900 a produção agrícola costumava empregar cultivo manual e técnicas de cultivo rudimentares e que apenas em 1920 foram introduzidas técnicas mais avançadas. Por volta dos anos 1940, as indústrias químicas e a automobilística começaram a tirar proveito do progresso científico e tecnológico disponível, direcionando conjuntos de inovações para solucionar problemas relacionados com a nutrição e controle de pragas e doenças das plantas e para fomentar a mecanização por meio de motores de combustão interna.

Ainda focalizando a primeira metade do século XX, o autor observa que de acordo com um estudo da FAO (2000), a introdução de técnicas mais refinadas de colheita, tratamento de solo, fertilizantes químicos, grãos híbridos e de novas variedades de sementes permitiu um crescimento expressivo na produtividade agrícola. Alguns anos mais tarde, em 1950, a indústria farmacêutica surge como um setor importante,

diferenciada da indústria química e apoiada pelo desenvolvimento de pesquisa básica. Após o estabelecimento de conhecimentos básicos nas indústrias farmacêutica e química, a biotecnologia emerge como uma importante área de pesquisa, melhorando o desempenho de novas variedades de sementes. O crescimento da biotecnologia moderna começou na década de 1970, com o desenvolvimento da biologia molecular e se consolidou na década de 1990, com a engenharia genética de plantas e organismos vivos, estando hoje, ao lado da nanotecnologia, na nova fronteira do conhecimento para inovação no setor da agricultura.

Quanto ao locus das inovações agropecuárias, segundo Jarret (1985), desde o final do último século que nos países industrializados ocorreram mudanças e deslocamentos. Neles a unidade produtiva perdeu protagonismo para arranjos nos quais a formalização das pesquisas e do desenvolvimento agrícola passou a ser centralizada por entidades públicas e privadas, em múltiplos espaços. À época, de acordo com o autor, percebeu-se que as pesquisas em ciências agrárias já não ocorriam exclusivamente em instituições específicas nas quais cientistas e técnicos investigavam os problemas da produção agrícola. Este modelo, para Jarret (1985), seria muito mais um fenômeno do século XIX e XX. Além disso, acrescenta o autor, cada vez mais a agricultura dos Estados Unidos e da Europa vem contando com uma maior proporção de insumos produzidos fora do setor, por indústrias de suprimentos, elas próprias promotoras da P&D agrícola. Ainda de acordo com Jarret, isto pode ser ilustrado pelo fato de que já na última década do século XX, 50% da P&D em produção vegetal e animal e em mecanização era realizada por agências privadas e poucas empresas. (RIBEIRO, 2014)

No foco específico da agricultura, Hayami e Ruttan (1971) constituem o ponto de partida para estudos sobre inovação neste setor. Seus trabalhos pioneiros utilizaram comparações internacionais sobre trajetórias de desenvolvimento agrícola e exibiram resultados mostrando que ao lado das inovações tecnológicas ocorreram inovações institucionais. Estas contemplaram políticas e investimentos públicos, foram além da pesquisa agrícola e da difusão tecnológica, favorecendo o desenvolvimento agrícola e liberando constrangimentos à produção, impostos pelos fatores responsáveis por uma oferta relativamente inelástica. Uma das suas principais contribuições foi identificar que a mudança tecnológica é uma variável endógena ao processo de desenvolvimento e que depende de forças econômicas.

Mesmo admitindo a hipótese de um progresso técnico exógeno, Hayami e Ruttan (1971) consideram que as mudanças tecnológicas devem ser colocadas no meio do conflito social e da competição capitalista. Posteriormente, Ruttan (1973) reafirma toda a sua visão sobre a endogeneidade da mudança tecnológica do sistema econômico primário e recoloca o processo criativo do conhecimento aplicado à agricultura na interação entre o setor produtivo e o setor de pesquisa. Além disso, ele expressa sua crença de que superar os atrasos na agricultura nos países subdesenvolvidos só seria possível com a incorporação de novos conhecimentos pelos agricultores, o que por sua vez seria facilitado por um sistema descentralizado de pesquisas, voltado às especificações regionais.

Ao contrário de Hayami e Ruttan (1971), Dosi (1988) discute a inovação tecnológica na agricultura argumentando que as inovações são principalmente incorporadas em equipamentos e componentes adquiridos de outros setores e considera que, mesmo as oportunidades tecnológicas sendo significativas, elas são predominantemente geradas exogenamente, significando com isso que a atividade agrícola apresenta baixa cumulatividade tecnológica. Vieira Filho (2012) discorda de Dosi e considera que essa visão não corresponde à capacidade gerencial de utilizar novas informações, argumentando que em termos de capacidade de absorção, o conhecimento no campo agrícola é sim, relativamente cumulativo. Sugere ainda que Dosi (1988) é ambíguo sobre a adoção tecnológica pelos agricultores, uma vez que afirma terem os fornecedores da agricultura (de novos tipos de máquinas, componentes, sementes etc.), máximo interesse na difusão mais rápida possível dos seus resultados. Considerando que as taxas de mudança no desempenho médio (produtividade, etc.) nos setores usuários depende do ritmo da inovação nos setores fornecedores, conjuntamente com as condições variantes que regem a adoção das novas tecnologias, não se pode separar a dinâmica inovativa da produção de insumos e equipamentos da dinâmica inovativa da produção vegetal e animal.

Por seu turno, Alves (2012) lembra que a teoria da inovação induzida enfatiza a interação dos agricultores com os pesquisadores e salienta que é essa interação que indica as prioridades brasileiras de investigação no âmbito das instituições públicas de pesquisa. Para as instituições privadas de pesquisa, ele destaca que o mercado opera diretamente, caso contrário, a tecnologia desenvolvida não iria encontrar compradores. Por outro lado, indica que na pesquisa pública a influência do mercado é indireta, já que atua criando demanda entre os agricultores para um determinado tipo de tecnologia. (RIBEIRO, 2014)

Nos países industrializados as instituições científicas e educacionais foram crescentemente direcionando seu foco principal na pesquisa de novas tecnologias agrícolas. Ao mesmo tempo, as indústrias de suprimentos agrícolas desenvolveram seu próprio P&D privado e passaram a dominar determinadas categorias de insumos agrícolas – notadamente, máquinas e produtos químicos. Sob essa nova perspectiva, nas últimas décadas, o “aprender fazendo” ainda se constituía em uma fonte de inovação agrícola em países desenvolvidos e em países em desenvolvimento, mas a geração de novas tecnologias baseadas na experiência isolada do fazendeiro passou a ser uma fonte limitada de inovação agrícola. Novas demandas de transformação dos sistemas tradicionais de agricultura têm vindo a ser consideradas e apontadas por muitos com a recomendação de unir práticas tradicionais a conceitos formais das ciências agrícolas, como indicou anteriormente Ruttan (1973).

Em estudos mais contemporâneos, Bocchi et al. (2012) e Scoones et al. (2008), aprofundam reflexões anteriores e enfatizam que a abordagem de sistema de inovação mudou o foco anterior de pesquisa e produção de conhecimento e tecnologia, para um processo interativo de mudança com multi-stakeholders. Scoones et al. (2008) acrescentam que a disseminação de tecnologias e desenvolvimento de mercado constituem alguns dos elementos desse sistema. Argumentam ainda que, com relação ao conceito de inovação, a tendência histórica é a constante atualização do mesmo, destacando que o significado de inovação se modificou do *push* (empurrão) inicial de novas tecnologias para a recente criação de oportunidades através do desenvolvimento institucional. Isto implica, segundo os autores, que o conceito de inovação na agricultura, juntamente com os seus desafios e oportunidades relacionados, deve ser enquadrado em um conjunto integrado de elementos técnicos, organizacionais, institucionais e políticos, havendo, diante disso, necessidade de ir além do modelo linear para uma visão de difusão de inovações. (RIBEIRO, 2014).

Nesta direção o Manual de Oslo (OCDE, 1999), ajuda a definir a inovação em termos de interação entre oportunidades de mercado e base de conhecimento e capacidades da empresa, argumentando que cada função ampla envolve uma série de subprocessos e que os seus resultados são altamente incertos. Algumas atividades de inovação podem ser inovadoras em sua própria essência, enquanto outras não consistem em uma novidade, mas são necessárias para esta implementação. Neste contexto, as principais atividades envolvidas nesses processos são: a P&D; a aquisição de conhecimento (patentes, licenças, serviços técnicos, etc.); a aquisição de máquinas e equipamentos (tanto incorporando novas tecnologias, como para o uso padrão na produção de um novo produto); as diversas preparações para produção e entrega, incluindo aprimoramento da instrumentalização, treinamento de pessoal, etc., e, por último, mas não menos importante, a atividade de marketing. Destas atividades, segundo o mesmo manual, apenas P&D e aquisição de máquinas que incorporam nova tecnologia se constituem automaticamente em atividades de inovação, tecnologias de processo e produto, TPP. As outras só são incluídas, se forem necessárias para a implementação de inovações TPP. Assim, a inovação tecnológica pode ocorrer tanto no processo de produção e/ou nos produtos da firma, como nas atividades auxiliares fornecidas por suas vendas, contabilidade, computação ou departamentos de manutenção, o que se aproxima bastante do que acontece no setor agrícola.

Os recentes avanços nos arranjos inovativos na agricultura fazem com que todas as observações acima apresentadas, tanto aquelas dos autores referidos como aquelas consideradas no Manual de Oslo, sejam aderentes ao que acontece no amplo setor denominado agronegócio.

5. INOVAÇÃO NA AGRICULTURA: ABORDAGENS E APLICAÇÃO DA TAXNOMIA DE PAVITT

A organização agroindustrial pode ser definida em sentido amplo como envolvendo atividades à montante (indústria fornecedora de insumos, equipamentos, aplicativos etc.) e atividades à jusante (indústria processadora, logística e indústria distribuidora) da unidade produtiva, bem como um sistema extenso de pesquisa, ciência e tecnologia. Vieira Filho (2012) afirma que as inovações relevantes na agricultura ocorrem ao longo da cadeia produtiva regional e argumenta que para uma invenção, originada a partir de um fornecedor ou um distribuidor, se tornar uma inovação tecnológica, ela deve passar por uma avaliação técnica (estudo agrônômico) para entrar em um processo interno de adoção, o que é determinado por variáveis ambientais e sociais. Após a aprovação ocorre um processo de difusão o qual depende do regime tecnológico, bem como das redes de aprendizado em todas as organizações produtivas. Portanto, o processo de inovação na agricultura que define a adoção, bem como os parâmetros de difusão tecnológica, são desenvolvidos por um conjunto complexo e interligado de indústrias, de centros de pesquisa e, em certos casos, associações de produtores. Esse cluster é mediado por diferentes instituições, tanto públicas como privadas, que promovem o conhecimento, tais como centros de pesquisa, universidades, empresas

de extensão rural e agências reguladoras. Diferentemente da indústria, os receptores no setor agropecuário estão em permanente contato com os órgãos de pesquisa (VIEIRA FILHO e SILVEIRA, 2012).

É mister notar os dois principais fatores que explicam a inovação no setor agrícola: i) o quadro institucional capaz de criar conhecimento público e oportunidades tecnológicas e ii) a capacidade de acumular conhecimento por parte dos produtores. O ambiente institucional exerce um papel profundo e relevante em um setor, uma vez que tem a capacidade de definir paradigmas e trajetórias tecnológicas e proporcionar uma melhor ligação entre os agentes, bem como de facilitar a disseminação do conhecimento. Batalha et al. (2009) destacam que, apesar de existir uma espécie de consenso na literatura econômica convencional que estuda o processo de inovação tecnológica e as mudanças técnicas na agricultura, o qual classifica o setor como dominado pelos fornecedores, em seu ponto de vista o complexo agroindustrial não tem apenas uma dinâmica inovadora, mas inúmeras. O autor afirma que o setor possui várias fontes de inovação com importantes diferenças no que tange à sua origem disciplinar e estratégica. O mesmo autor menciona Possas, Salles-Filho e Silveira (1996), que, anteriormente, haviam sugerido seis diferentes categorias para classificar as fontes de inovação para a agricultura, as quais vão desde as organizações privadas, públicas e sem fins lucrativos, até a unidade de produção agrícola.

De acordo com Batalha et al. (2009) estas diferentes fontes de inovação tecnológica na agricultura são distribuídas em todas as classes taxonômicas desenvolvidas por Pavitt (1984) para caracterizar os setores (e, portanto, suas empresas) quanto ao seu comportamento inovador, como o Quadro a seguir explicita. Essas classes vão desde fontes inovativas baseadas na ciência (*science-based*), a exemplo de indústrias herbicidas e de sementes, a fontes intensivas em informação, tais como empresas que provêm suporte para o setor agrícola. Dentro desta ampla gama há também as classes dominadas pelos fornecedores, fornecedor especializado, assim como setores intensivos em escala, dentro dos quais as indústrias de fertilizantes representam um exemplo emblemático. As unidades de produção agrícola, que se situam no início da cadeia produtiva e no âmago do sistema agroindustrial, têm sua dinâmica de absorção do novo conhecimento por meio de um processo de aprendizado, que pode culminar em inovações. O conhecimento tácito desenvolvido pelos agricultores, afeta, de forma marcante, o grau de cumulatividade e a capacidade tecnológica dos mesmos. (RIBEIRO, 2014)

Fontes e *Loci* das Inovações Tecnológicas em apoio à Agricultura

Fontes / Tipos de Inovação	Locais / Setores
Baseada na cultura e no aprendizado	Unidade de produção
Baseada na Ciência	Indústria de sementes, defensivos e hormônios
Intensiva em escala	Indústria de fertilizantes e corretivos
Dominada por fornecedor	Indústria de máquinas e equipamentos agrícolas, materiais, geradores de energia e drones
Dominada por comprador	Indústria de alimentos e bebidas, de fibras, biocombustíveis etc.
Intensiva em Informação	Fornecedores de serviço de suporte para agricultura e de aplicativos (softwares) e sensores (hardwares)

Fonte: Autores, baseados em Batalha, Vieira-Filho e Pavitt

Jarret (1985) já apontava três principais fontes de inovação agrícola: o *learnig-by-doing* ou o “aprender fazendo”, o P&D formalizado, financiado tanto pela via pública como privada, e a transferência direta entre países. Ele salienta que a fonte de inovação agrícola não pode ser derivada apenas da própria experiência dos agricultores, mas deve ser apoiada por um desenvolvimento baseado na ciência; caso contrário, a transformação da agricultura tradicional que é requerida para o desenvolvimento rural seria muito limitada. O autor lembra que uma peculiaridade importante do setor agrícola é que as inovações no setor são muitas vezes específicas do local, autóctones, e que a transferência pode ser limitada por vários fatores, tais como: a adaptação ao clima e ao solo, problemas de pragas, culturas locais específicas, entre outros. No entanto, muitas fontes e canais de inovação podem também criar novas oportunidades tecnológicas para a produção agrícola em contextos locais específicos, sempre que essas oportunidades sejam devidamente adaptadas.

A peculiaridade da inovação no setor agrícola já havia sido percebida por Hayami e Ruttan (1971) que, como já assinalado, ultrapassaram o ponto de vista restrito schumpeteriano de ver a inovação como resultado da ação do empresário. Os autores, colocam-na como produto da interação entre a sociedade e o setor de geração de conhecimento, bem como com as instituições de pesquisa públicas e privadas, duas instâncias que, apesar de reagirem e interagirem de forma proativa, têm autonomia para pensar e induzir inovações. Os produtores rurais, por necessitarem lidar com a disponibilidade de fatores de produção e com as ameaças fitossanitárias, e o setor público, o Estado, procurando responder à demanda-indução, agindo com autonomia e subjetivismo, diante da sensibilidade manifestada por cientistas e pesquisadores para problemas socioeconômicos. Estes autores foram o ponto de partida para a compreensão do progresso técnico na agricultura. Eles se concentraram em países com alocação de recursos diferentes - economia com escassez de recursos naturais e mão de obra abundante, como Japão, e economia com a escassez de mão de obra e recursos naturais abundantes, como EUA - e afirmaram a endogeneidade da mudança tecnológica para o sistema econômico. Além disso, argumentaram que essa mudança depende das forças econômicas, chamando a atenção para o fato da tecnologia não ser neutra em suas características poupadoras de recursos.

Em uma perspectiva empírica, Scoones et al. (2008) salientam que a abordagem participativa do agricultor tem sido cada vez mais reforçada ao longo das últimas décadas, como foi mostrado pelo *workshop Farmer First Revisited* ocorrido em 2007. O evento reuniu 80 profissionais agrícolas, pesquisadores, líderes de agricultores e representantes dos doadores, desenvolvendo uma avaliação do estado atual da P&D centrada no agricultor e analisando perspectivas para o futuro. Consoante os autores, o workshop em questão destacou um vasto conjunto de práticas e experiências com agricultores atuando como agentes envolvidos em abordagens participativas e métodos inovadores e analisou as mudanças nas abordagens de P&D na agricultura, bem como as mudanças nas premissas paradigmáticas que ocorreram e os novos rumos que foram emergentes neste setor. Eles apontam a possibilidade de co-construção e co-aprendizado conjunto com parcerias entre cientistas, extensionistas e agricultores nas novas redes de inovação, acrescentando que esta abordagem vê o conhecimento como uma forma de cognição distribuída, construído não pelo experimentador ou inovador individual, mas sim pelo coletivo, produzindo conhecimento através de debate, diálogo e interação de grupo. (RIBEIRO, 2014)

Esta constatação reafirma, segundo Vieira Filho & Silveira (2012), a percepção de que a agricultura não funciona por meio de agentes receptores passivos de tecnologias. O processo de inovação na agricultura é estruturado dentro de complexos arranjos produtivos e de instituições (públicas e privadas) promotoras do conhecimento e envolvidas com o mercado de fatores para a agricultura. Em recente trabalho, Baiardi et al. (2016), afirmam que isso sucedeu no caso da inovação obtida na secagem de amêndoas de cacau por meio da concepção e construção de estufa solar de plástico. A gênese dessa inovação não pode ser explicada por uma ou por outra das abordagens básicas sobre a origem e direção do avanço técnico: a de indução pela demanda (*demand-pull*), e a de impulso pela ciência e tecnologia (*science and technology-push*).

Esta dicotomia, como já dito por Dosi (2006), não dá conta da diversidade e complexidade da inovação em geral e, no caso específico da estufa solar de plástico, daria menos ainda em função da diversidade de modelos e de instituições privadas e governamentais envolvidas no processo, além do arranjo produtivo local formado por cooperativas, associação de produtores e empresas privadas estabelecidas. Quanto às suas determinantes, se foi a demanda de produtores rurais dirigidas às instituições de pesquisa ou se foi uma demanda de produtores rurais dirigidas à fabricante de equipamento, é possível cogitar, de acordo com Hayami e Ruttan (1971), que se tratou inequivocamente de uma inovação induzida mas que no seu processo de concepção foi além da indução convencional, quando agricultores demandam soluções de seus problemas, junto às instituições de pesquisa em ciências agrárias

6. A INOVAÇÃO NO MODELO DE PESQUISA AGRÍCOLA E DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA DA DINAMARCA

Em observação participante dentro de uma visita técnica com caráter mais amplo, percebeu-se que o sistema dinamarquês de pesquisa agropecuária e a dinâmica da inovação naquele país, não obstante apresentasse uma complexidade apreciável, dava ênfase a dois aspectos na relação com os produtores rurais: utilização sempre que possível da unidade de produção como local de pesquisa e experimentação e a inserção dos mesmos em rede visando o desenvolvimento da cooperação em pesquisa e a permanente troca de informações.

A principal organização de pesquisa agropecuária da Dinamarca é o “Danish Institute of Agricultural Sciences” (DIAS). Sua sede está localizada na cidade de Tjele, no centro da Jutlândia. O mesmo resultou da

fusão do “Danish Institute of Animal Science” e o “Danish Institute of Plant and Soil Science”, ocorrida em 1998. Um estudo mais minucioso sobre o funcionamento do DIAS poderia ser proveitoso, para alimentar os debates sobre as relações entre uma organização de pesquisa agrícola e a difusão tecnológica entre os estabelecimentos rurais, segundo sugere Navarro (2015). Neste sentido, por exemplo, seria possível aprender que no caso dinamarquês, os temas de pesquisa nascem no interior do “sistema agroalimentar”, com intensa participação, da indústria de processamento, agroindústria, que financia projetos de pesquisa e busca recursos em outras fontes.

Para executar um projeto de pesquisa, o DIAS conta com equipe própria de pesquisadores, mas com muita frequência inclui também professores, pesquisadores e estudantes das universidades, além de recursos humanos do “Danish Agricultural Advisory Service” (DAAS), que seria o serviço de extensão rural. Ademais, cada projeto tenta obter alguma ajuda dos produtores rurais, além da área de pesquisa e experimentação. Em tais circunstâncias, a maior parte das pesquisas é essencialmente aplicada. Na Dinamarca existem apenas 50 mil produtores rurais (pouco mais do que o Uruguai, bem menos do que no Rio Grande do Sul), incluindo aqueles ligados às cooperativas. Todos são cadastrados no DAAS, com os quais mantém rotineira troca de informações, com a finalidade de identificar problemas técnicos em suas propriedades, os quais ensejariam a pesquisa induzida. A partir da fundação do DIAS, foi sendo formada uma rede envolvendo a totalidade dos produtores rurais, o que não constituiu dificuldade pois praticamente todos têm acesso à internet.

Um dos resultados práticos tem sido a possibilidade de realizar experimentos nos estabelecimentos rurais privados e não nas áreas destinadas à experimentação, nas organizações públicas de pesquisa. Os produtores rurais que participam desta parceria cedendo área de terra e assumindo alguns custos da pesquisa, beneficiam-se em primeira mão dos resultados obtidos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não obstante os avanços conceituais, e mesmo teóricos, a compreensão de que a inovação no setor agropecuário é um processo multiagente, multi-setorial, com segmentações ao longo das cadeias produtivas e com dinâmica dimensional que se aproxima da tríplice hélice, é ainda limitada. Insistir nessa análise reforçando visões e conceitos tem, portanto, todo sentido, porque existe uma conexão clara entre diagnósticos imperfeitos e incompletos e as intervenções e políticas públicas ineficientes. No Brasil, toda ação de governo, até o presente, foi inepta em dotar o país de um sistema de inovações eficiente, seja ele nacional, regional, local ou setorial, para atuar no setor secundário, sobretudo na indústria convencional. Malgrado todos os esforços na criação de novos órgãos e na busca da governança corporativa, o sistema brasileiro de inovações para o setor industrial é considerado por alguns como incompleto e por outros como imaturo. (BAIARDI, 2016).

Aparentemente, o amplo setor agropecuário brasileiro é mais bem-sucedido na gestão da inovação tecnológica e muitas das características do processo inovativo na agricultura apresentadas neste texto, podem ser identificadas no agronegócio do Brasil. Esta percepção, contudo, não deve levar à crença de que não há nada para mudar ou melhorar. Em muitos dos bens derivados da produção vegetal e animal exportados pelo Brasil, se percebe que os fundamentos da competitividade são ainda frágeis e não só pelos problemas de infraestrutura de transporte que limitam a competição sistêmica. Há fragilidades competitivas decorrentes da agregação de valor e do ciclo do produto que poderiam ser enfrentadas por uma oferta consistente de inovações de processo e de produto. Dito de outro modo, é desejável que se identifiquem elementos dinamizadores da P&D em todos os segmentos produtivos classificados por Pavitt (1984), e se proponha para eles uma governança e uma cooperação orgânica, componentes básicos de um sistema de inovações que se pretenda eficiente. Neste sentido, o exemplo da Dinamarca no inserir a unidade produtiva e no acolher as demandas da agroindústria no interior do núcleo do sistema de pesquisa e inovação, deve ser objeto de análise com vistas à ulterior absorção de experiências.

REFERÊNCIAS

- [1]. ALVES, E. Embrapa: a successful case of of institutional innovation. In: MARTHA
- [2]. JUNIOR, G. B.; FERREIRA FILHO, J. B. S. (editors). Brazilian Agriculture Development and Changes. Brasília: EMBRAPA, 2012.
- [3]. BAIARDI, A. Inovação tecnológica e trabalho assalariado na agricultura brasileira, com estudos sobre as lavouras de arroz, cana e cacau. 1986. 224 f. Tese de doutorado em ciências humana-economia, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 1986.
- [4]. _____. Conceitos, complexidade e natureza do progresso técnico. In: BAIARDI, A., A propensão a inovar do empresariado baiano. Salvador: Academia de Ciências da Bahia, 2016. p. 13-36.
- [5]. BAIARDI, A; BASTO, C.C. A busca pela terceirização em P & D: O caso do CETENE no nordeste do Brasil In: XV Congresso da Associação Latino Ibero-Americana de Gestão de Tecnologia, ALTEC, 2013, Porto. Anais XV Madrid: ALTEC, 2013. v.1. p.412 - 431.
- [6]. BAIARDI, A.; MELLO, D.LN.; FERREIRA, A.R.; MELO NETO, B. A. Uso da energia solar na mitigação da emissão de carbono na secagem do cacau no baixo sul da Bahia. In: 54 Congresso da SOBER, 2016, Maceió: Anais.do 54 Brasília: SOBER, 2016.v. 1. p.754-778.
- [7]. BATALHA, M. O.; CHAVES, G. de L. D.; SOUZA FILHO, H. M. C&T e I para a produção agropecuária brasileira: mensurando e qualificando gastos públicos. RESR, Piracicaba, SP, vol. 47, nº 01, p. 123-146, jan/mar 2009.
- [8]. BOCCHI, S.; CHRISTIANSEN S.; OWEIS T.; PORRO, A.; SALA, S. Research for the innovation of the agri-food system in international cooperation. Italian Journal of Agronomy, v. 7, n. 3, p. 262-273, 2012.
- [9]. DOSI, G. The nature of the innovative process In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. Technical change and economic theory. London/New York: Pinter Publishers, 1988.
- [10]. DOSI G. Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria de semicondutores. Campinas: Ed. UNICAMP, 2006.
- [11]. EDQUIST, C. Systems of innovation approaches - their emergence and characteristics. In: EDQUIST, C. Systems of innovation: technologies, institutions, and organizations. London: Routledge, 1997.
- [12]. ERBER, F.S. Inovação tecnológica na indústria brasileira no passado recente: uma resenha da literatura econômica. Brasília: IPEA, Texto para Discussão, CPAL/IPEA, 2010.
- [13]. FREEMAN, C. Technology policy and economic performance. London: Pinter Publishers, London and New York, 1987.
- [14]. HABAKKUK, H. J. American and British technology in the nineteenth century. Cambridge: Cambridge University Press, 1962.
- [15]. HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. Agricultural development: An international perspective. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1971.
- [16]. HICKS, J.R. Valor e capital. São Paulo: Abril Cultural, 1984
- [17]. JARRETT, F.G. Sources and Models of Agricultural Innovation in Developed and Developing Countries. Agricultural Administration v.18(4), 10 / 1985, p. 217-234.
- [18]. JEWKES, J. SAWERS, D.; STILLERMAN, R. The sources of invention. London: Macmillan, 1956.
- [19]. KUHN, T.S. The structure of scientific revolutions. Chicago: The University of Chicago Press, 1970
- [20]. LAKATOS, I. The methodology of scientific research programmes. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.
- [21]. LAMOREAUX, N. R., SOKOLOFF, K. L. SUTTHIPHISAL, D. The Reorganization of Inventive Activity in the United States in the Early Twentieth Century. In: World Economic History Congress 2009 Annals, G6 Utrecht: Utrecht University, 2009.
- [22]. MALERBA, F.; ORSENGO, L. Technological regimes and sectoral patterns of innovative activities. Industrial and Corporate Change, v. 6, n. 1, p. 83-118, 1997.
- [23]. NAVARRO, Z. Embrapa: o futuro chegou [Cinco temas para discussão] Brasília: EMBRAPA, NOTA TÉCNICA 1, 2015
- [24]. NELSON, R. R As fontes do *crescimento* econômico. Campinas, SP: Ed. UNICAMP, 2006.
- [25]. NELSON, R. R.; WINTER, S. G. In search of a useful theory of innovation. Innovation, Economic Change and Technology Policies, v. 6, n. 1, p. 36-76, 1977.

- [26]. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). MANUAL DE OSLO. Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação. 3a. Ed. OCDE, Eurostat. 1999. Acesso em: 23 Maio 2012, disponível em <http://gestiona.com.br/wpcontent/uploads/2013/06/Manual-de-OSLO-2005>.
- [27]. PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, v. 13, p. 343-373, 1984.
- [28]. POSSAS, M. L.; SALLES-FILHO, S.; DA SILVEIRA, J. M. An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks. *Research policy*, v. 25, n. 6, p. 933-945, 1996.
- [29]. RIBEIRO, M.C.M. Cooperação internacional em ciência e tecnologia: uma análise das experiências da Embrapa Semiárido. 2014. 214 f. Tese de doutorado em administração, Núcleo de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal da Bahia, UFBA, Salvador, 2014.
- [30]. ROSENBERG, N. Por dentro da caixa preta. Tecnologia e economia. Campinas: Editora UNICAMP, 2006.
- [31]. __. The direction of technological change: inducement mechanisms and focusing devices. *Economic Development and Cultural Change*, v. 18, n. 1, Part 1, p. 1-24, 1969.
- [32]. __. Why do firms do basic research (with their money)? *Research Policy*, v.19, n. 2, p. 165-174, 1991.
- [33]. RUTTAN, V. W. Induced technical and institutional change and the future of agriculture. In: *The future of agriculture: technology, policies and adjustment (Fifteenth International Conference of Agricultural Economists*. Sao Paulo: IAAE, 1973, p. 35-52
- [34]. SABATO, J.; BOTANA, N. La ciencia y la tecnologia en el desarrollo futuro de América Latina. *Revista de la Integración InTAL*, v. 1, n. 3, p. 15-36, 1968.
- [35]. SCHUMPETER, J. *Business cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process*. Philadelphia: Porcupine, (1939)1989.
- [36]. SCHUMPETER, J.A. *A teoria do desenvolvimento econômico*. São Paulo: Nova Cultural, 1988.
- [37]. SCHMOOKLER, J. *Invention and economic growth*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1966.
- [38]. SCOONES I.; THOMPSON, J.; CHAMBERS, R. *Farmer First Revisited: Innovation for Agricultural Research and Development*. Workshop Summary. Institute of Development Studies (IDS), Brighton, UK, 2008) Acesso em: 23 Maio 2012. Disponível em: www.future.agricultures.org/farmerfirst/files/Farmer_First_Revisited_Post_Workshop_summary_final.pdf.
- [39]. STOKES D. *O quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica*. Campinas: Ed. UNICAMP, 2005.
- [40]. VIEIRA FILHO, J. E. R. Technological trajectory and learning in the agricultural sector. In: *Brazilian agriculture development and changes*. Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA)/ Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply. Brasília: EMBRAPA, 2012
- [41]. VIEIRA FILHO, J. E. R.; SILVEIRA J. M. F. J. Mudança Tecnológica na Agricultura: uma revisão crítica da literatura e o papel das economias de aprendizado. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba-SP, vol. 50, n. 2005 4, p. 721-742, out/dez. 2012.

Capítulo 15

Avaliação da toxicidade da associação dos herbicidas Imazetapir e Metsulfurom Metílico, no modelo Eisenia fetida

Caroline Wagner

Miriane Almeida Stock

Resumo: Com a crescente demanda por alimentos, o modelo tradicional de agricultura foi substituído por plantio com aplicações de adubos químicos e agrotóxicos em sistemas de monoculturas a fim de aumentar a sua produtividade. O uso exacerbado além de contaminar os vários compartimentos do meio ambiente, contribui diretamente na desestruturação da biodiversidade. A espécie *E. fetida* adotada para esse estudo é recomendada e aceita em protocolos internacionais de testes de toxicidade. Com isso o objetivo foi avaliar o efeito dos herbicidas comerciais Vezir e Ally e sua associação na sobrevivência, comportamento e reprodução do organismo teste *E. fetida*. O método consistiu na exposição de indivíduos da espécie *E. fetida* a várias concentrações dos herbicidas Vezir, Ally e sua associação. As diretrizes estabelecidas para os ensaios de toxicidade aguda, reprodução e fuga respectivamente, foram realizados de acordo com as normas ISO 11268-1 (ISO, 2012), ISO 11268-2 (ISO, 2012), ISO 17512- 1 (2007) e ABNT NBR 15537 (2014). Os indivíduos foram divididos em oito grupos: Controle, dois CL 50 individualmente (1000 mg de Ally /kg e 2388,89 mg de Vezir /kg, três grupos expostos com a associação da CL 50 (25, 50 e 100%) dos dois herbicidas, dois grupos com as concentrações recomendadas para aplicação para a cultura de arroz e mais a associação esta concentração. Os animais foram expostos por um período de 42 dias. Os resultados sugerem que as adições destas substâncias podem acarretar na diminuição de casulos, eclosão, e aparição de indivíduos novos, mesmo em doses recomendada, as quais não apresentaram diminuição significativa a curto prazo, porém a longo prazo poderá resultar em perdas expressivas da população; E principalmente em doses elevadas, as quais apresentaram de forma mais imediata seus efeitos negativos sobre a reprodução. Os organismos expostos as concentrações CL 50 e CL 50 de Ally + Vezir (mg/kg) respectivamente, 250 + 597,22 (25%), 500 + 1194,445 (50%) e 1000 + 2388,89 (100%), apresentaram um índice significativo de mortalidade e perda de biomassa quando comparados ao controle. As doses associadas tanto da CL 50 , quanto a recomendada superaram as dosagens individuais negativamente, no que diz respeito a ganho de biomassa, e reprodução. Não foi observado comportamento de fuga nas doses recomendadas, no entanto apresentaram: Lentidão, rigidez, e insensibilidade a estímulos mecânicos. Por fim, este estudo fornece uma importante contribuição para o conhecimento da toxicidade dos herbicidas Ally e Vezir, visto que esses produtos, muitas 20 vezes são aplicados em conjunto. Salienta-se também que na aplicação destes herbicidas deve se ter muita cautela, visto que na prática não há garantias de que a dosagem recomendada é de fato a aplicada pelos agricultores sendo que o uso irresponsável do mesmo, pode prejudicar o ecossistema local.

Palavras- Chave: Herbicidas, *Eisenia fetida*, toxicidade.

1. INTRODUÇÃO

Há mais de dez mil anos a agricultura é praticada pela humanidade, mas o uso intensivo de agrotóxicos utilizado para o controle de plantas indesejáveis e pragas, existe há pouco mais de meio século. O qual teve origem durante as grandes guerras mundiais, quando as indústrias fabricantes de armas químicas encontraram na agricultura um casulo mercado para seus produtos (LONDRES, 2011). Com o aumento da população e a crescente demanda por alimentos, fez-se necessário buscar alternativas eficientes na agricultura para que suprissem as necessidades da população (CASTRO, 2005). Com isso o modelo tradicional de agricultura foi substituído por plantio com aplicações de adubos químicos e agrotóxicos em sistemas de monoculturas altamente mecanizados (SPADOTTO *et al.*, 2004). A partir da década de 1960, tal modelo agrícola foi difundido para as regiões do Terceiro Mundo, num processo conhecido como Revolução Verde (RV) (BALSAN, 2006), considerado fundamental para derrotar a fome da população mundial (SPADOTTO *et al.*, 2004).

Do total dos agrotóxicos, os herbicidas representam cerca de 50%, os inseticidas 25% e fungicidas 22% (PELAEZ *et al.*, 2010). Os herbicidas inibidores da ALS (Acetolactato Sintase) são muito usados no controle de ervas daninhas de culturas de arroz, porém várias destas espécies de ervas daninhas foram identificadas como resistentes a herbicidas inibidores de ALS (EBERHARDT, 2016). Uma das alternativas que Martins *et al.* (2017) traz, é a combinação de herbicidas diferentes para potencializar os efeito sobre as pragas (POLEZA, *et al.* 2008).

Quando inseridos no ambiente, cerca de 55% do total dos agrotóxicos aplicados na cultura, não atingem o alvo, dispersando-se para a água, o solo e para a atmosfera (GAVRILESCU, 2005). O aquecimento do setor agrícola tem sido prejudicial ao meio ambiente devido vários fatores, sendo eles: o declínio da biodiversidade, o comprometimento da disponibilidade da água, a qualidade da água do ar e dos alimentos e crescentes problemas fitossanitários relacionados com o desequilíbrio ecológico causado por esses agentes tóxicos (NUNES, 2007).

As aplicações com dosagens acima das recomendadas são muito comuns na maioria dos cultivos, exercendo grande pressão no ecossistema, contribuindo diretamente na desestruturação da biodiversidade. Esses produtos têm sido muito questionados pela comunidade científica quanto seus efeitos tóxicos a organismos não alvos (BASTOS *et al.*, 2007). Segundo Oliveira *et al.* (2009) aplicações sequenciais das associações de agrotóxicos podem apresentar efeito sinérgicos, alterando a comunidade microbiana presente no solo.

Atualmente, as ferramentas de avaliação de contaminação ambiental, se baseiam em métodos químicos tradicionais, sem o auxílio de avaliações com parâmetros biológicos ou ecotoxicológicos. Esses parâmetros buscam entender e prever efeitos de substâncias químicas em seres vivos, verificando efeito das variáveis ambientais que podem interferir na toxicidade de substâncias nocivas a comunidades naturais. Desta forma, somente a utilização de métodos químicos não é capaz de avaliar a contaminação ambiental (CHAPMAN, 2002; SISINNO, *et al.* 2006).

Procedimentos para execução de ensaios ecotoxicológicos com organismos aquáticos são bem estabelecidos e descritos nas normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). No entanto, existem poucos estudos que tratam da toxicidade de poluentes químicos sobre a fauna do solo, pois no Brasil ainda é pouco aplicado, devido aos testes com organismos de solo ainda não estejam estabelecidos pelas normas da ABNT (SISINNO *et al.*, 2004). O padrão estabelecido para avaliação da contaminação de amostras de solos são métodos internacionalmente aceitos, como os da ISO (International Organization for Standardization), OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) e EPA (Environmental Protection Agency – USA) (SISINNO *et al.*, 2004). No Brasil, o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) solicita apenas o teste de toxicidade aguda (ABNT, 2007) e aceita resultados obtidos por meio das metodologias dos testes estabelecidos pelas organizações internacionais já citadas.

Carvalho *et al.* (2009), cita que os testes padronizados apresentam como organismos indicadores de contaminação, algumas espécies representantes de ambientes terrestres, entre as citadas pelo autor estão as minhocas. Segundo ele, a escolha do bioindicador deve atender alguns critérios, como: representar o ambiente em que ocupa, ser sensível a uma ampla variedade de agentes químicos, ser abundante e de fácil cultivo e manipulação em laboratório.

1.1. AGROTÓXICOS NO BRASIL

O modelo de agricultura que atualmente há no Brasil foi consequência da chamada “Revolução Verde”. A

qual discutia-se a forma mais eficiente de aumentar a produtividade de alimento através do desenvolvimento de sementes geneticamente modificadas, fertilizantes e maquinários, e várias modernizações na agricultura. Assim, acreditava-se que ela seria fundamental para derrotar a fome de boa parte da população mundial (BEZERRA, 2018).

A partir dos anos 50, com a RV, o processo tradicional de produção agrícola sofreu drásticas mudanças, com a inclusão de novas tecnologias, buscando a produção extensiva de *commodities* agrícolas (BRASIL, 2018). Os agrotóxicos fazem parte do conjunto de tecnologias associadas ao processo de modernização da agricultura.

Em 1965 foi criado o Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), que vinculava a obtenção de crédito agrícola à obrigatoriedade de aquisição de insumos químicos pelos agricultores (LONDRES, 2011). Em 1975, o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas, foi inserido no II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), onde previa a instalação de indústrias de agrotóxicos no país. Os incentivos do governo federal determinaram a enorme disseminação de agrotóxicos no Brasil, pois o PND facilitou registro de inúmeras substâncias tóxicas, inclusive químicos já proibidos em países desenvolvidos. Segundo a ANVISA, dos 50 agrotóxicos mais utilizados nas lavouras do Brasil, 22 são proibidos na União Europeia, o que faz do Brasil o maior consumidor de agrotóxicos já banidos de outros países (CARNEIRO et al., 2010; OLIVEIRA, 2016; SANTOS e POLINARSKI, 2012).

A partir dos anos 70, a utilização de agrotóxicos ocorreu em larga escala, principalmente no sul do país, aplicados nas monoculturas de soja, arroz e trigo (LUCCHESI, 2005). Nas últimas décadas, o Brasil tem assumido proporções preocupantes com o uso crescente de agrotóxicos. Em 1987, o Brasil já liderava, sendo o maior mercado de agrotóxico dos países em desenvolvimento e o quinto maior do mundo, depois do EUA, do Japão, da França e da União Soviética. No período de 2001 e 2008, a venda de venenos agrícolas teve um aumento de US\$ 2 bilhões para mais de US\$ 7 bilhões, assumindo quarto lugar no ranking de maior consumidor de agrotóxicos (LONDRES, 2011; MOREIRA et al., 2002).

Atualmente, tramita no congresso um projeto de Lei que flexibiliza as leis vigentes. Projeto de Lei 6299/02, propõe expressamente a revogação da atual Lei de Agrotóxicos (7802/1989). A mesma propõe que os agrotóxicos passem a ser chamados de “defensivos fitossanitários”, para diminuir a carga negativa, aferida a ele. Também visa facilitar o registro de casulos venenos (BRASIL 2015). Não há dúvidas que esse projeto é em grande retrocesso nas conquistas já adquiridas ao longo dos anos, colocando em risco a soberania alimentar, a saúde, a qualidade do meio ambiente entre outros.

A legislação do Brasil é exigente e restritiva, pois além da comprovação da eficiência agrônômica, ela requer garantias para minimizar o perigo ao ser humano, a sobre os riscos ao meio ambiente. Porém, o Decreto 4.074/02 adotou critérios de equivalência dos agrotóxicos, definidos pelo manual da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO, a qual estabelece que produtos equivalentes são produtos que, se comparados com outro produto formulado já registrado, possui a mesma indicação de uso, produtos técnicos equivalentes entre si, a mesma composição qualitativa e cuja variação quantitativa de seus componentes não o leve a expressar diferença no perfil toxicológico e ecotoxicológicos frente ao do produto em referência (SPADOTTO et al., 2006; BRASIL, 2002).

Segundo Spadotto, (2006) agrotóxicos são produtos de misturas ou pré- misturas de produtos formulados, e possuem na sua composição diferentes níveis e teores de ingredientes ativos e impurezas, não considerar todos os componentes originais e o subproduto da sua degradação pode levar erros na avaliação ambiental. Essa avaliação deve ser considerada nos diferentes comportamentos ambientais (CAEs) e determinar as concentrações ambientais (CADs). Segundo ele estimar as concentrações nos diferentes compartimentos ambientais é um componente fundamental da avaliação de risco.

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o Brasil é considerado o maior consumidor de agrotóxicos do mundo. De acordo com o boletim anual em 2016, o país produziu mais de 510 milhões toneladas de ingredientes ativos para agrotóxicos e importou mais de 400 milhões. O consumo anual tem sido superior a 130 mil toneladas; que representa um aumento de 700% nos últimos quarenta anos, e sua área agrícola aumentou cerca de 78% (SPADOTTO et al., 2004). Além disso, esses números não levam em conta a enorme quantidade de agrotóxico contrabandeado para o país (ALMEIDA, 2010). Segundo Londres (2011), o Brasil também tem se tornado o principal destino de produtos banidos no exterior.

O uso exorbitante de agrotóxicos tem se revelado também através dos níveis acima do máximo permitido em resíduos de alimentos, muitos deles proibidos no Brasil (ANVISA, 2011). A aplicação indiscriminada de agrotóxicos pode causar a degradação ao meio ambiente que ao longo prazo pode ter seus efeitos

irreversíveis, podendo trazer prejuízos à saúde e alterações significativas ao ecossistema (VEIGA *et al.*, 2006).

1.2. HERBICIDAS

Os herbicidas, conhecidos também de controle químico, sendo agentes biológicos ou substâncias químicas “capazes de matar ou suprimir o crescimento de espécies específicas” são o grupo de pesticidas, mais utilizados e aplicados na agricultura como forma mais comum de controlar plantas indesejáveis, (SCHERER *et al.*, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2008).

Estes são classificados quanto à seletividade, divididos em dois grupos: seletivos e não seletivos. Os seletivos atingem especificamente as plantas que podem causar dano na produção da cultura, já o não seletivo afeta e elimina sem discriminação qualquer forma de vegetação, sendo utilizadas somente em áreas não cultivadas (SAAD, 1985).

Além disso, também são classificados em pré-plantio ou pós-plantio. Os pré-plantios ou pré-emergentes são usados para controlar plantas daninhas antes da emergência da mesa, ou seja, são aplicados antes da plantação da cultura de interesse, geralmente são não seletivos. Herbicidas pós-plantios ou pós-emergentes são aplicados após a emergência das plantas daninhas, ou seja, é realizado após o plantio da cultura de interesse, nesses casos, é necessária à aplicação de herbicidas seletivos para que não eliminem a cultura cultivada (SILVA & SILVA, 2007).

Quanto à translocação, existem os não sistêmicos e sistêmicos. Os não sistêmicos atuam na área ou próximos do local onde houve o contato com a planta. Os sistêmicos se translocam via xilema e/ou floema, causando danos em locais distantes da aplicação (SILVA & SILVA, 2007).

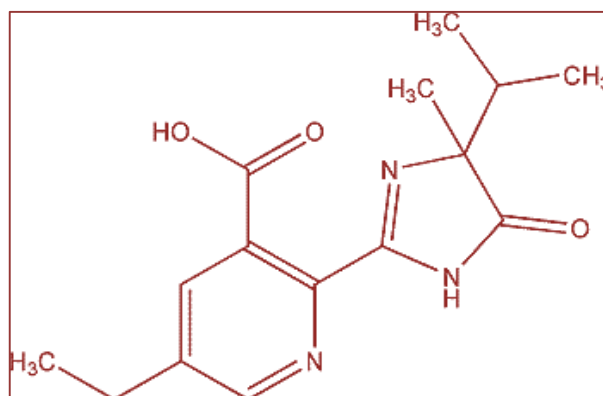
O mecanismo de ação diz respeito ao processo bioquímico que é interrompido na presença do herbicida. Atualmente, existem herbicidas que atuam em 26 locais de ação distintos. Os herbicidas inibidores da enzima ALS constituem o mecanismo de ação com maior número de ingredientes ativos disponíveis, os quais são subdivididos em cinco grupos químicos os quais Imidazolinonas e Sulfonilureia fazem parte (GILIARDI, 2018).

1.3. AGENTES TÓXICOS

1.3.1. IMAZETAPIR

Imazetapir é um composto de Imidazol, usado como herbicida seletivo. Sua fórmula molecular é $C_{15}H_{19}N_3O_3$ e sua fórmula estrutural é ilustrada na figura 1, disponível no banco de dados de pesticidas: Pesticide Action Network (PAN).

Figura 1. Fórmula estrutural do Imazetapir



Fonte: www.pesticideinfo.org

Imazetapir é o ingrediente ativo de herbicidas do grupo imidazolinonas. Sua nomenclatura segundo a IUPAC é (RS)-5-etil-2-(4-isopropil-4-metil-5-oxo-2-imidazolin-2-yl) ácido nicotínico. Seu nome comum é Imazethapyr; N° CAS 81335-77-5; Registrado pela ANVISA com N° I10. Modalidade de emprego: aplicação em pós-emergência das plantas infestantes nas culturas de arroz, feijão e soja. Aplicação em pré e pós-emergência das plantas infestantes na cultura de arroz (BRASIL, 2018).

A principal formulação comercial do Imazetapir é o Vezir®, Concentrado solúvel. Sua composição compreende 106 g/L de ingrediente ativo, 100g/L de equivalente ácido, e 975 g/L de ingredientes ativos inertes. De acordo com a ANVISA, a Classificação Toxicológica o Vezir se enquadra como um herbicida de classe IV - Pouco Tóxico. Quanto à classificação do potencial de periculosidade ambiental (CPPA) é considerado classe III- Produto Perigoso ao meio ambiente.

Vezir é um herbicida formulado a partir do princípio ativo imazetapir. A tabela 1 especifica as informações comerciais do Vezir, de acordo com o registro (N° 6697) no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Tabela 1. Informações comerciais do herbicida Vezir.

Marca Comercial	Titular do Registro	N° Registro	Ingrediente ativo (%)	Ingrediente inerte (%)
Vezir® (Herbicida)	Adama Brasil S.A. - Londrina	6697	10,6	89,4

Fonte: Autora (2018)

Imazetapir é utilizado como herbicida seletivo. É aplicado pré-implante incorporado, pré- emergência, na fissuração e pós-emergência. O composto controla as ervas daninhas reduzindo os níveis de três aminoácidos alifáticos de cadeia ramificada, isoleucina, leucina e valina. Ele atua através da inibição da acetolactato sintase (ALS), também conhecida como aceto hidroxilácido sintase (AHAS), uma enzima comum à via biossintética para estes aminoácidos. Essa inibição causa uma ruptura na síntese de proteínas que, por sua vez, leva a uma interferência na síntese de DNA e no crescimento celular (CHRISTOFFOLETI, 2001).

1.3.1.1. IMAZETAPIR NO AMBIENTE

Segundo Silva, (1996) a persistência desse herbicida no solo depende de vários fatores, entre eles estão os fatores relacionados ao solo e ao clima. O Imazetapir é um herbicida similar a um ácido orgânico fraco, que possui solubilidade em água (VENCILL, 2002), e alta mobilidade em solos com pH alcalino, tende a lixiviar para camadas mais profundas do perfil do solo e possui baixa degradação microbiana em condições anaeróbia (SILVA *et al.*, 2011), já a degradação microbiana em condições aeróbicas é um dos principais mecanismos de degradação (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

Possui alta susceptibilidade a foto - decomposição (SHANER 1991), especialmente quando expostos à luz ultravioleta (MALLIPUDI, 1991). Segundo Holloway *et al.* (2006), o imazetapir pode permanecer no solo por mais de três anos e alcançar profundidade de até 40cm. Na água em condições normais de pH e temperatura a hidrólise é extremamente lenta. Já a fotólise na água é extremamente rápida. As perdas por volatilização são insignificantes (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2011). Estima-se que a meia-vida do imazetapir no solo, varie de 2,6 a 10,6 meses (GOETZ *et al.*, 1990; VISCHETTI, 1995)

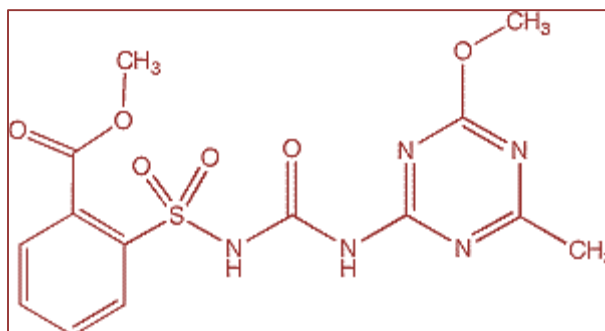
Segundo a ficha de informações de segurança do ADAMA, o herbicida Vezir possui toxicidade para organismos do solo: CL₅₀ (14 dias): 2388,89 mg/Kg do peso seco de solo artificial.

De acordo com o fabricante do Vezir, testes de toxicidade estabeleceram a (dose letal em 50% dos organismos) DL50 oral aguda e dérmica para ratos, maior que 2000 mg/kg de peso vivo. A (concentração letal em 50% dos organismos) CL50 inalatória, no teste de toxicidade inalatória aguda, para o produto foi superior a 20 mg/L, em ratos.

1.3.2. METSULFUROM METÍLICO

Metsulfurom Metílico pertence ao grupo químico das Sulfoniluréias (SU), usado como herbicida seletivo. Sua fórmula molecular é $C_{14}H_{15}N_5O_6S$ e sua estrutura está ilustrada conforme a figura 2, disponível no banco de dados de pesticidas, Pesticid Action Network (PAN).

Figura 2. Fórmula estrutural do Metsulfurom Metílico



Fonte: adaptado de: www.pesticideinfo.org

Sua nomenclatura de acordo com a IUPAC é metil 2-(4- metoxi-6-metil-1, 3,5- triazin-2-il carbamoil sulfamoil) benzoato, seu nome comum é metsulfuron-methyl; N° CAS é 74223-64-6; Registrado na Anvisa N° M26.1. Modalidade de emprego: aplicação em pós-emergência das plantas infestantes nas culturas de arroz, aveia, aveia preta, cevada, pastagens e trigo. Aplicação em pré-emergência das plantas infestantes na cultura de cana-de-açúcar. (BRASIL, 2018).

Um dos produtos formulados a partir do ingrediente ativo metsulfurom metílico é o produto comercial Ally®, Granulado desprezível. De acordo com a ANVISA, a Classificação Toxicológica do Ally se enquadra como um herbicida de classe I – Extremamente Tóxico. Quanto à classificação do potencial de periculosidade ambiental (CPPA) é considerado classe III- Produto Perigoso Ao Meio Ambiente. Ally é formulado a partir do princípio ativo Metsulfurom Metílico. A tabela 2 traz as informações comerciais do Ally, os ingredientes e o registro (N° 2492) no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Tabela 2. Informações comerciais do herbicida Ally.

Marca Comercial	Titular do Registro	N° Registro	Ingrediente ativo (%)	Ingrediente inerte (%)
Ally® (Herbicida)	Du Pont do Brasil S.A. Barueri (Alphaville)	2492	60	40

Fonte: Autora (2018)

O metsulfurom metílico é um composto residual de Sulfonilureia utilizado como herbicida seletivo pré e pós-emergência para ervas daninhas de folhas largas e algumas gramíneas anuais. É um composto sistêmico que funciona rapidamente após ser absorvido pela planta. Seu modo de ação é inibir a enzima ALS, pois a síntese destes aminoácidos de cadeia lateral depende diretamente dessa enzima, que participa da fase inicial do processo metabólico, catalisando a reação de condensação (Durner *et al.*,1991).

1.3.2.1. METSULFUROM METÍLICO NO AMBIENTE

A quebra do metsulfurom metílico nos solos é amplamente dependente da temperatura do solo, umidade e pH. (Durner *et al.*,1991). (EXTONET, 2018). O produto químico se degradam mais rapidamente sob condições ácidas e em solos com maior teor de umidade e temperatura devido ao grupo químico (SMITH, 1986). O produto químico tem maior potencial de mobilidade em solos alcalinos do que em solos ácidos,

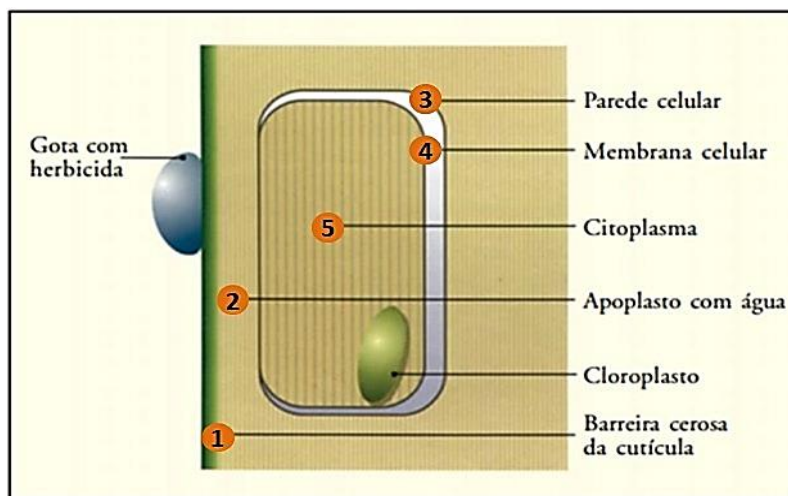
por ser mais solúvel em condições alcalinas. É estável à fotólise, mas se decompõe em luz ultravioleta. Estimativas de meia-vida para o Metsulfurom Metílico no solo variam de 14 a 180 dias, com uma média geral de valores reportados de 30 dias (WAUCHOPE, 1992).

1.3.3. MECANISMO DE AÇÃO DOS HERBICIDAS

Segundo Giliardi (2018), os herbicidas inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS) constituem o mecanismo de ação com maior número de ingredientes ativos disponíveis, os quais são subdivididos em cinco grupos químicos, entre eles estão os Sulfonilureia (SU), Imidazolinonas (IMI).

A figura 3 apresenta as barreiras encontradas pelo herbicida para atingir a célula da planta. As três principais barreiras a serem vencidas pelas moléculas para entrar na célula são: a cutícula, a parede celular e a membrana plasmática (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

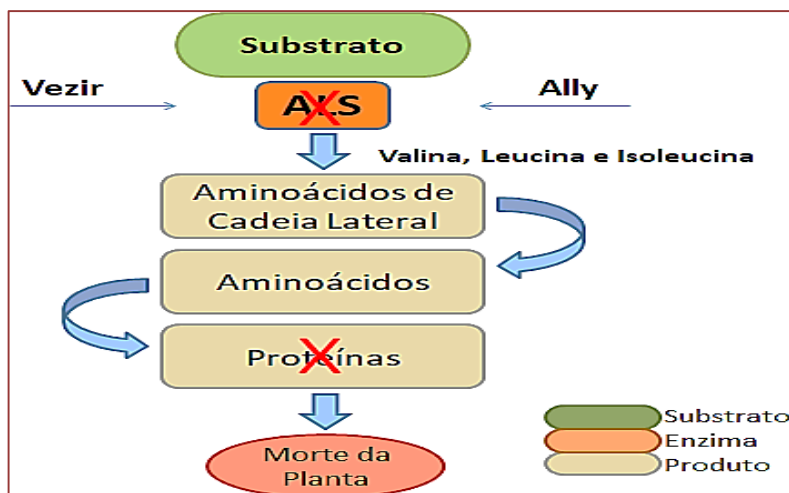
Figura 3. Caminho do herbicida de fora para dentro das folhas.



Fonte: Adaptado Roman (2007).

A enzima ALS atua na síntese de três aminoácidos de cadeia ramificada: leucina, lisina e isoleucina. A inibição causa uma interferência na síntese de proteínas, que conseqüentemente resulta na ruptura na síntese do DNA e no crescimento celular. Assim, as plantas acabam morrendo devido à incapacidade de produzir os aminoácidos essenciais de que necessitam (EXTONET, 2018). A figura 4 ilustra de forma esquematizada o modo de ação dos inibidores de ALS.

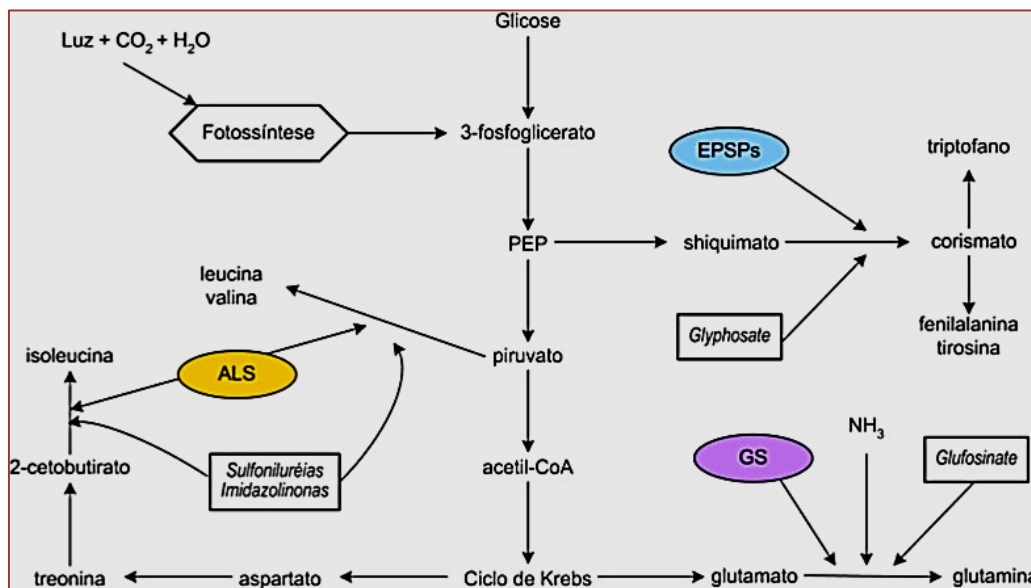
Figura 4. Herbicidas inibidores da síntese de aminoácidos



Fonte: Adaptado Roman (2007).

Os herbicidas destes grupos químicos atuam no controle das ervas daninhas, através da inibição da síntese, da enzima - ALS essencial à via biossintética para os aminoácidos, ilustrado na Figura 5.

Figura 5. Locais de atuação dos herbicidas inibidores da enzima ALS, interrompendo a síntese de alguns aminoácidos.



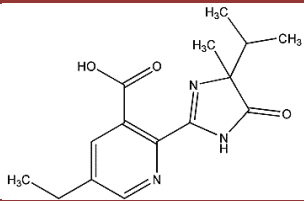
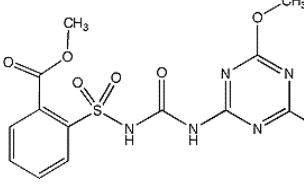
Fonte: Vargas (1999).

Segundo Giliardi (2018), a mistura de duas imidazolinonas aumenta o espectro de controle e também a eficiência. Embora elas possuam os mesmos mecanismos de ação, pertençam ao mesmo grupo químico e sejam responsáveis por inibir a mesma enzima- ALS, as ligações herbicidas-enzima não ocorrem da mesma maneira em todas as espécies, o que justifica o motivo desse tipo de mistura. A autora ainda cita que a seletividade dos herbicidas inibidores da ALS não pode ser prevista apenas pelo grupo químico, pois dentro de um mesmo grupo existem herbicidas indicados somente para algumas espécies, que se dá pelo fato da diferente capacidade que cada cultura metaboliza um herbicida em particular.

Giliardi afirma que a associação do uso exacerbado e a capacidade com que plantas daninhas desenvolvem resistência a este grupo, corroborou para a seleção de um grande número de espécies resistentes aos inibidores da acetolactato sintase (ALS).

Na tabela 3 estão dispostos de forma comparativa as informações dos herbicidas e para que culturas cada um é recomendado.

Tabela 3. Informação comparativa dos herbicidas.

Produto	Ingrediente ativo (Grupo Químico)	Fórmula Bruta	Fórmula Estrutural	Indicação
Vezir	Imazetapir (Imidazolinonas)	$C_{15}H_{19}N_3O_3$		Culturas de arroz, feijão e soja.
Ally	Metsulfurom Metílico (Sulfonilureia)	$C_{14}H_{15}N_5O_6S$		Culturas de arroz, aveia, aveia preta, cevada, pastagens, trigo, cana-de-açúcar.

Fonte: Autora (2018)

1.3.4. AGROTÓXICOS EM ANIMAIS

1.3.4.1. EFEITO TÓXICOS DO IMAZETAPIR EM ANIMAIS

Segundo a ficha de informações de segurança do Adama, o herbicida Vezir possui toxicidade para organismos do solo: CL₅₀ (14 dias): 2388,89 mg/Kg do peso seco de solo artificial.

De acordo com o fabricante do Vezir, testes de toxicidade estabeleceram a (dose letal em 50% dos organismos) DL₅₀ oral aguda e dérmica para ratos, maior que 2000 mg/kg de peso vivo. A (concentração letal em 50% dos organismos) CL₅₀ inalatória, no teste de toxicidade inalatória aguda, para o produto foi superior a 20 mg/L, em ratos.

Após administração oral em ratos, 92% da dose administrada foi excretada na urina e 5% nas fezes, dentro de 24 horas. Os níveis de resíduos no sangue, rins, músculo e tecido adiposo foram < 0,01 ppm após 48 horas (ADAMA, 2018)

1.3.4.2. EFEITO TÓXICOS DO METSULFUROM METÍLICO EM ANIMAIS

Este herbicida tem baixa toxicidade em mamíferos, baseado em testes de clínicos laboratório, a DL₅₀ oral de metsulfon-metil é > 5.000 mg/kg em ratos e DL₅₀ aguda dérmica (ratos) maior que 2.000 mg/kg de massa corporal. Em testes com coelhos tem baixa DL₅₀ dermal > 2.000 mg/kg e baixa toxicidade de inalação em ratos, com uma concentração letal mediana > 5 mg/L.

A avaliação após administração oral, em diferentes doses nos animais, indicou que o produto e seus metabólitos foram rapidamente excretados, no período de 96 horas, principalmente por urina (média 87,4%) e fezes (média 7,9%). Menos que 1% da dose administrada foi retida em órgãos e tecidos (DUPONT, 2018).

1.4. AGROTÓXICOS E O MEIO AMBIENTE

O Instituto brasileiro IBGE (2013) constatou que os resíduos de agrotóxicos são a segunda principal fonte de contaminação das águas brasileiras, perdendo apenas pela contaminação por esgoto sanitário. A contaminação por essas substâncias pode se dar de duas formas, as diretas que é da própria aplicação do produto, derramamento ou uso de forma inadequada. Ou de forma indireta a partir do contato solo-agrotóxico, que se dá através da percolação. Atingindo os lençóis freáticos subterrâneos que podem ser contaminados através da lixiviação da água e da erosão dos solos; através da volatilização sendo transportado e depositado em locais distantes da área de aplicação e atingir solo, água e espécies sensíveis a essas substâncias. Um exemplo, os polinizadores, que são fundamentais para a produção agrícola, estes são impactados tanto na diversidade quanto na abundância (PINHEIRO; FREITAS, 2010; BARREIRA; PHILIPPI, 2002).

Ao atingirem o solo, os agrotóxicos são submetidos a várias reações e processos, físicos, químicos e biológicos, podendo levar a formação de subprodutos com propriedades absolutamente distintas do produto inicial. Uma vez adsorvidos pelas partículas do solo, ocorrem os processo de degradação, transporte por lixiviação, escoamento superficial ou volatilização (MARTINII *et al.*, 2012; BRASIL, 2018).

Oliveira *et al.*, (2009) relata que além da aplicação do produto isolado, é comum a mistura de agrotóxicos seja por manipulação comercial ou pelo próprio agricultor, o qual manipulado muitas vezes de forma inadequada. As aplicações sequenciais de associação de agrotóxicos, já realizadas para causar efeito sinérgico nas pragas da lavoura, podem potencializar os efeitos negativos alterando o equilíbrio da comunidade microbiana do solo; além de contribuir no desenvolvimento de imunidade e resistência a esses agrotóxicos (RODRIGUES, 2007).

Estudos comprovam que o uso de produtos como os agrotóxicos e a intensificação da agricultura acaba prejudicando a biodiversidade do solo, resultando em um desequilíbrio ecológico, comprometendo a qualidade dos compartimentos ambientais, tal como o solo, a água, o ar e até mesmo a qualidade dos alimentos (NUNES, 2007). O modelo de agricultura estabelecido no Brasil demanda uma elevada quantidade de agrotóxicos, sendo estes, de efeitos variáveis, podendo atingir facilmente organismos não alvos e ocasionar desequilíbrio ecológico. Diversos estudos têm demonstrado a nocividade de agrotóxicos sobre predadores naturais, sensíveis a esses químicos (COSTA *et al.*, 2012; POLETTI *et al.*, 2008).

Quanto aos organismos do solo, Morais (2010), salienta que a maioria dos agrotóxicos, sendo usado dentro dos limites estabelecidos, é considerado inofensivo. Entretanto, se o uso das dosagens for acima da

permitia, a toxicidade dependerá das características do solo, sendo elas tanto químicas, quanto físicas e biológicas, podendo afetar ou não a micro e macrofauna ali presente. Alisson (2016) salienta que além da contaminação do solo e da água, o uso de agroquímicos podem atingir organismos vivos que não são prejudiciais à lavoura e extinguir determinadas espécies fundamentais para o equilíbrio ambiental, levando ao aparecimento de pragas secundárias. O destino de agrotóxicos no ambiente é governado por processos de retenção (sorção, absorção), de transformação (degradação química e biológica) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carreamento superficial), e por interações desses processos.

Um entendimento dos processos do comportamento e destino de agrotóxicos no ambiente é essencial para direcionar planos de monitoramento dos riscos ambientais. A variedade de agrotóxicos usados representa muitas classes de substâncias químicas orgânicas e os tipos de interações desses compostos no ambiente são enormes (SPADOTTO, 2004).

Modelo experimental *Eisenia Fetida*

As características da minhoca as classificam como membro de suma importância nos processos do solo, alterando habitats já existentes e proporcionando condições para que outros grupos de organismos se estabeleçam através da sua atividade (BROWN, 1995; MARAUN *et al.* 1999). Quando algum contaminante atinge o solo elas são diretamente afetadas, sendo que são animais que dependem da qualidade desse ambiente, pois ingerem a maior parte da biomassa existente (LIU, 2005).

As minhocas são grandes responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. Elas afetam diretamente a taxa de decomposição alimentando-se e digerindo a matéria orgânica e microrganismos presentes no solo (AIRA *et al.*, 2007). Além disso, podem sobreviver em ambientes com ampla variação de umidade e temperatura, de 70% a 90% e de 0°C a 35°C respectivamente (SCHIEDECK, 2010).

São essenciais na dinâmica do solo e na ciclagem dos nutrientes, são responsáveis pela regulação da disponibilidade de recursos e por proporcionar um ambiente propício para as demais espécies, causando mudanças físicas em materiais bióticos e abióticos. São comumente chamados de engenheiros do ecossistema, pois afetam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, através do seu papel, como fundição e escavação (JONES, 1994).

A minhoca *Eisenia fetida* apresenta listras evidentes ao longo do corpo e despigmentação na área que circunda o sulco entre seus segmentos, mostrando-se amarela ou pálida. Em diversos países essas características fizeram-na ser vulgarmente conhecidas por “minhoca-listrada” ou “minhoca tigre”. Pertencem ao filo Annelida (constituído por mais de 8.700 espécies). Essas minhocas são saprófagas, ou seja, alimentam-se unicamente de substratos decompostos ou em decomposição, quer seja animal ou vegetal (LOURENÇO, 2010).

Lourenço (2010) relata que as minhocas apresentam segmentação, externa e interna, possuem cinco pares de coração, dois pares de rins, o sangue percorre através de um canal capilar e vasos sanguíneos que estão presentes ao longo do corpo. Tipicamente mede 2-6 mm de largura e 26-130 mm de comprimento (DISMORE, 2016). A respiração é cutânea, feita através da pele por ramificações capilares, para que esta ocorra à pele deve estar úmida, sendo assim existe uma necessidade de umidade no seu habitat.

São animais fotofóbicos, tendo assim a necessidade de afastar-se da luz solar, seja natural ou artificial. Embora as minhocas não possuam olhos, possuem células foto receptoras em sua epiderme, as quais são sensíveis à luz (principalmente a solar) e permite a distinção entre a luz e a escuridão, identificar vibrações para encontrar alimento e parceiro de reprodução (LOURENÇO, 2010).

Ao entrarem em contato com poluentes que podem estar na solução do solo ou adsorvidos nas partículas minerais e na matéria orgânicas, elas podem absorver os contaminantes por meio de contato direto e pela passagem pela cutícula (CASTELLANOS e HERNANDEZ, 2007). A partir desse contato, as minhocas podem se intoxicar, sobreviver ou morrer, incorporar e até bioacumular esses poluentes em seus tecidos (CURRY, 2004).

1.4.1. CICLO DE VIDA

Com o ambiente e a temperatura favoráveis, a reprodução das minhocas se dá ao longo de todo o ano, principalmente nos períodos quentes e úmidos e, preferencialmente, à noite. Como essa espécie é hermafrodita incompleta, ou seja, não existe autofecundação, dependendo sempre da união com outro para que os casulos de ambas sejam fecundados o que é chamado de fecundação cruzada. Entre sete a dez dias as minhocas produzem um casulo, semelhante a uma cabeça de alfinete com formato de grão de arroz com aproximadamente 3 mm de diâmetro, eles podem conter 8 a 20 minhocas embrionárias, no entanto, apenas 1 a 5 geralmente emergem (LOURENÇO, 2010; DISMORE, 2016).

O período de incubação do casulo gira em torno de 18 a 26 dias e, após a eclosão, a maturidade sexual é atingida ao redor de 28 a 30 dias. A puberdade da espécie é identificada pela presença de clitelo, semelhante a uma cita de cor alaranjada clara, em torno de seu corpo, localizando-se 1/3 do seu comprimento. Cada minhoca, em condições ideais, pode originar mais de 500 descendentes durante um ano. Logo após seu nascimento, as minhocas são brancas passando a ter a cor pela a qual são conhecidas à medida que se crescimento vai se intensificando (LOURENÇO, 2010; SCHIEDECK, 2010).

Segundo Tripathi & Bhardwa (2004), as espécies de minhocas *E. fetida* completaram seu ciclo de vida em 4 meses. Para Guimarães (2018), a *Eisenia fetida* alcançam a idade máxima de seis anos. A expectativa de vida de *Eisenia fetida* sob condições controladas varia, de acordo com diferentes autores, de um a seis anos (REYNOLDS, 1977; EDWARDS & LOFTY 1977).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos tóxicos dos herbicidas Imazetapir e Metsulfurom Metílico em dosagens CL₅₀ para *Eisenia fetida* e a recomendada para uso comercial de forma individual e na associação dos mesmos, na sobrevivência e reprodução organismo teste *Eisenia fetida*.

2. METODOLOGIA

O método consiste na exposição de organismos adultos da espécie *Eisenia fetida* a várias concentrações dos herbicidas (Vezir, Ally, Vezir + Ally), durante um período de 14 dias para análise de sobrevivência e comportamental. Para a análise de reprodução os animais serão acompanhados por um período de 40 dias. Para a avaliação da toxicidade foi utilizado às diretrizes estabelecidas para os ensaios de toxicidade aguda, reprodução e teste de fuga respectivamente, de acordo com as normas ISO 11268-1 (ISO, 2012), ISO 11268-2 (ISO, 2012), ISO 17512- 1 (2007) e ABNT NBR 15537 (2014). Os resultados obtidos foram calculados a partir da média aritmética entre as triplicatas.

2.1. MANUTENÇÃO DO ORGANISMO-TESTE

Os organismos foram sincronizados, a fim que todos os indivíduos tivessem diferença de idade de no máximo de 30 dias e na fase de puberdade. A sincronização consiste em deixar minhocas adultas e com clitelo desenvolvido dentro de um substrato por 30 dias, após esse período as minhocas serão retiradas, sendo deixadas nos recipientes somente os casulos, que permanecerão por aproximadamente 60 dias, tempo necessário para as minhocas atingirem a fase adulta (clitelo desenvolvido).

Os organismos sincronizados possuíam idade superior a dois meses, estando na fase da puberdade, que é caracterizada pela presença de clitelo. Apresentaram massa individual entre 300 mg e 600 mg. Os organismos foram avaliados de acordo com o peso, tamanhos, mortalidade e comportamento a cada sete dias durante o período de quatorze dias. Para a análise de postura e eclosão de casulos, os animais foram acompanhados por 42 dias.

A matriz dos organismos testes utilizados nos ensaios foram adquiridos por doação da vermicompostagem da Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes (ETEERG). Ao longo dos ensaios, não foi fornecido nenhum tipo de suplemento às minhocas, pois será utilizado solo natural já adubado.

2.2. PREPARO DO SOLO

Seguindo a norma da ABNT NBR 15537 (2014) para a realização dos testes, o solo foi seco naturalmente em local sombreado, em seguida passou por dois ciclos de congelamento, em um freezer, por um período de 48h, posteriormente por iguais períodos de temperatura ambiente, eliminando possíveis casulos de minhocas e de outros organismos invertebrados. Após esse processo o solo foi peneirado em peneira com 2,00 mm de abertura, para a retirada de qualquer casulo presente.

Para o cálculo da umidade inicial foi utilizado a equação 1, a qual está expressa a seguir:

$$\text{Umidade inicial (\%)} = \frac{(P_u - P_s)}{P_s} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

P_u é a massa da amostra do solo;

P_s é a massa após a secagem (temperatura 105°C durante 24h).

A norma da ABNT NBR 15537 indica que a umidade seja ajustada em 35% do peso seco do substrato, de modo que quando comprimido não apareça água. Caso não se obtenha essa umidade do solo natural, a mesma será calculada pela equação 2 a qual é expressada:

$$\text{Volume de água necessária (ml)} = \frac{(\text{Umidade final} - \text{Umidade inicial})}{100} \times M \quad \text{Equação 2}$$

Onde: M é a massa total de solo.

Após o tratamento do solo, a umidade foi ajustada em 35% com adição de aproximadamente 20 ml de água. O teor ótimo de água foi atingido quando verificou-se a ausência de água parada ou água livre, ou seja, não se visualizou água quando comprimido (ISO 17512-1, 2008). Ao longo do experimento se fez necessária a adição de água, através de um borrifador, para manter a umidade em 35%.

2.3. RECIPIENTE DE TESTES

Foram utilizados 400 g de solo em recipientes redondos de plásticos, com tampa perfurada para permitir as trocas gasosas, evitar o ressecamento do solo, e também impedir que as minhocas se acumulem nas bordas, devido à presença dos contaminantes.

Os mesmos foram revestidos de papel alumínio lateralmente a fim de evitar a interferência e fotodecomposição dos herbicidas. Os recipientes foram mantidos na bancada do laboratório em temperatura ambiente.

2.4. CONCENTRAÇÕES

As concentrações dos herbicidas que foram utilizadas, conforme descritas na tabela 4, foram estipuladas a partir da concentração letal CL_{50} (14 dias) baseadas em dados obtidos nas bulas, sendo elas, 1000 mg de Ally /kg e 2388,89 mg de Vezir /kg (B). O mesmo foi considerado para realizar as dosagens para a associação dos herbicidas, partir da CL_{50} do Ally e Vezir.

Para a estimativa de concentração aplicada em áreas de cultivo de arroz, foram calculadas as concentrações individuais dos herbicidas a partir dos dados de aplicações indicados na bula. Para encontrar a concentração do produto ativo em 1 ha, utilizou-se uma relação de 1 L/ha onde se levou em consideração 20 cm de profundidade e densidade do solo de 1,2 para o cálculo de concentração em mg/kg de solo. As diluições aplicadas em solo foram feitas a partir da formulação comercial dos Herbicidas Ally e Vezir das Empresas Dupont e Adapar, respectivamente.

Tabela 4. Concentrações dos herbicidas.

Grupo	Amostra	Concentrações (mg/kg)
CTRL	Controle	–
A	Ally CL ₅₀	1000
B	Vezir CL ₅₀	2388,89
C	Ally + Vezir 25% CL	250 + 597,22
D	Ally + Vezir 50% CL	500 + 1194,445
E	Ally + Vezir 100% CL	1000 + 2388,89
F	Ally (recomendado)	0,00072
G	Vezir (recomendado)	0,439
H	Ally + Vezir (recomendado)	0,00072+ 0,439

Fonte: Autora 2018.

2.5. PREPARO DAS AMOSTRAS

Para o experimento foram utilizadas 144 minhocas, sendo que em cada recipiente foi posto 6 minhocas ao longo dos ensaios, não foi fornecido nenhum tipo de suplemento às minhocas. Foram utilizados 400 g de solo em cada recipiente. As concentrações foram divididas em sete grupos mais controle, todos realizados em triplicatas.

2.6. TESTES DE TOXICIDADE AGUDA

Os ensaios de toxicidade foram realizados com base nas normas ISO 11268-1 (ISO, 2012) e ABNT NBR 15537 (2014). Todos os ensaios foram realizados em triplicata, o resultado é a média aritmética dessas repetições. Foi realizada apenas uma aplicação dos contaminantes durante todo experimento. O teste durou 14 dias, na qual a letalidade foi registrada no 7º dia e no final do experimento. A letalidade foi avaliada através da transferência do solo teste para uma bandeja, permitindo a contagem dos organismos mortos. Os organismos-teste mortos foram retirados do ensaio.

Após a contagem os organismos foram realocados nos recipientes-testes de origem, e foram mantidos até o final do experimento, onde passaram pelo mesmo processo descrito anteriormente. Na tabela 5, estão descritas as informações necessárias para realização do teste de toxicidade aguda em minhocas.

Tabela 5. Resumo para realizar o ensaio ecotoxicológicos de efeito agudo de minhocas.

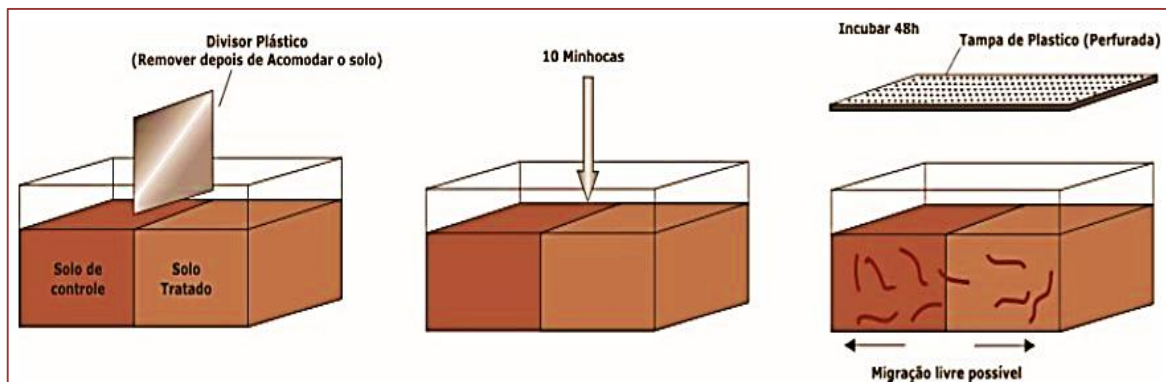
Dados	Condição
Tipo de ensaio	Estático
Duração	14 dias
Organismo- teste	Adultos de <i>Eisenia fetida</i> ente 300mg e 600mg de massa corporal
Tipo de solo	Natural
Quantidade de solo- teste/ recipiente- teste	400g de solo/ redondo plástico
Numero de concentrações	Sete mais controle
Numero de réplicas	Três
Número de organismos por replicas	Seis
Alimentação	Nenhuma
Efeito observado	Letalidade

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15537 (2014).

2.7. TESTE DE FUGA

O teste de fuga baseia-se na ISO 17512-1 (2011), esse teste consiste na análise da tendência do organismo de evitar o solo-teste contaminado, chamado de teste de fuga ou comportamento de fuga, onde será detectada a capacidade de reconhecer o solo contaminado. As minhocas foram colocadas, ao mesmo tempo, em câmaras com duas seções nos solos- controle e no solo-teste, as quais puderam escolher entre os ambientes.

Figura 6. Esquema do teste de evitamento.



Fonte: Garcia (2004)

Ao término do teste, foi realizada a contagem de contagem os indivíduos em ambos os lados, o resultado é expresso pela Equação 3:

$$X = \frac{(nc-nt)}{N} \cdot 100$$

Equação 3

Onde:

- x é a fuga, expressa em porcentagem;
- n_c é o número de minhocas no solo-controle;
- n_t é o número de minhocas no solo-teste;
- N é o número total de minhocas (geralmente 10).

Se 80% das minhocas tiverem preferência pelo solo controle caracterizamos o solo teste como apresentando “função de habitat limitada”, ou seja, a substância pode provocar impacto no ambiente, dificultando o desenvolvimento e manutenção da vida naquele ambiente.

2.8. TESTES DE GANHO DE BIOMASSA

Em um recipiente foram postos 200 g do solo-teste e 200 g do solo-controle separados por um divisor (plástico ou papelão). Após a retirada do separador, foram colocadas 6 minhocas na fenda, possibilitando que elas cavassem para um dos lados, os testes foram realizados em triplicata de cada amostra (solo-controle e solo teste). Ao final do teste (48h), foi posto o separador novamente (Figura 6).

2.9. TESTES DE GANHO DE BIOMASSA

A ISO 11268-2 (2012) foi a diretriz seguida para o teste de ganho de biomassa. É um teste que consistiu no monitoramento do ganho e perda de massa corpórea das minhocas, o qual é avaliado num período de 14 dias. O peso foi registrado no 1º dia (início do experimento) e no 14º dia (final do experimento), sendo

registado e analisado a perda e/ou ganho de biomassa. Todas as concentrações foram realizadas em triplicatas, o resultado é expresso através da média aritmética dessas repetições.

2.10. TESTES DE REPRODUÇÃO

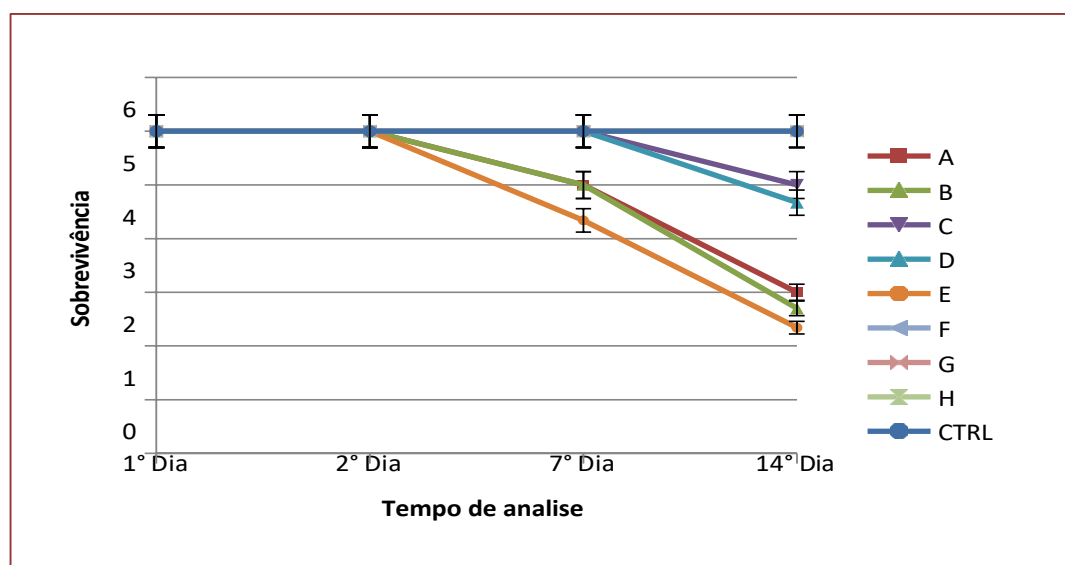
O teste de reprodução foi realizado após os testes anteriores, as minhocas sobreviventes foram observadas e monitoradas durante o período de 42 dias. Posteriormente, ao término do ensaio foi feita a contagem dos casulos e de indivíduos casulos. Os resultados serão expressos através da média dos indivíduos casulos e casulos encontrados nos recipientes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. TESTES DE TOXICIDADE AGUDA

A figura 7, demonstra a média de sobrevivência das minhocas *E. fetida* quando expostas à um gradiente de concentração das formulações dos herbicidas, durante 14 dias. O gráfico demonstra o número de indivíduos sobreviventes encontrados.

Figura 7. Relação entre as dosagens dos herbicidas versus o número de sobreviventes encontrados (média dos tratamentos \pm desvio padrão amostral).



*A - Ally CL50 (1000 mg/kg); B - Vezir CL50 (2388,89 mg/kg); C - Ally + Vezir 25% CL (250 + 597,22) mg/kg; D - Ally + Vezir 50% CL (500 + 1194,445); E - Ally + Vezir 100% CL50 (1000 + 2388,89) mg/kg; F - Ally recomendado (0,00072 mg/kg); G - Vezir recomendado (0,439 mg/kg); H - Ally + Vezir recomendado (0,00072 + 0,439) mg/kg. Para N igual a 3

No período de 14 dias, houve a morte de mais de 50% dos indivíduos, nas doses individuais estabelecidas como CL₅₀, sendo elas: 2388,89 mg Ally.kg⁻¹(A); 1000 mg Vezir. kg⁻¹ (B), com mortalidade de 55,56%; 50,02%, respectivamente. Nas concentrações de associação (Ally + Vezir), a mortalidade total registrada nas dosagens, (1000 +2388,89) mg.kg⁻¹(E); (500 + 1194,445) mg.kg⁻¹(D); (250 + 597,22) mg.kg⁻¹(C), foi de 66,68%; 22,24%; 16,67%, respectivamente. Assim os resultados sugerem que a associação dos herbicidas potencializa seu efeito sobre a mortalidade dos organismos do solo.

Foi possível averiguar que não houve morte dos indivíduos durante o período dos ensaios nas doses recomendadas, F, G, H e CTRL. Sendo que através do gráfico podemos verificar que o número de sobreviventes não apresentou queda. Assim, os resultados sugerem que concentrações recomendadas não apresentaram risco à vida dos organismos testes. Nos sete primeiros dias de experimento, não houve morte maior que 50% dos indivíduos, porém nota-se que a concentração (E), registrou o maior índice de mortalidade com cerca de 28% (7º dia). A mesma dosagem apresentou maior taxa de mortalidade com

mais de 65% (14º dia), assim a mortalidade teve uma acentuação em relação às dosagens individuais da CL₅₀.

Em estudos realizados com camundongos de laboratório utilizando o herbicida Alteza® 30 SL, composto por dois herbicidas (Imazetapir + Glifosato), apresentou DL₅₀ aguda oral (ratos) superior a 5.000 mg/kg de peso (BASF, 2018).

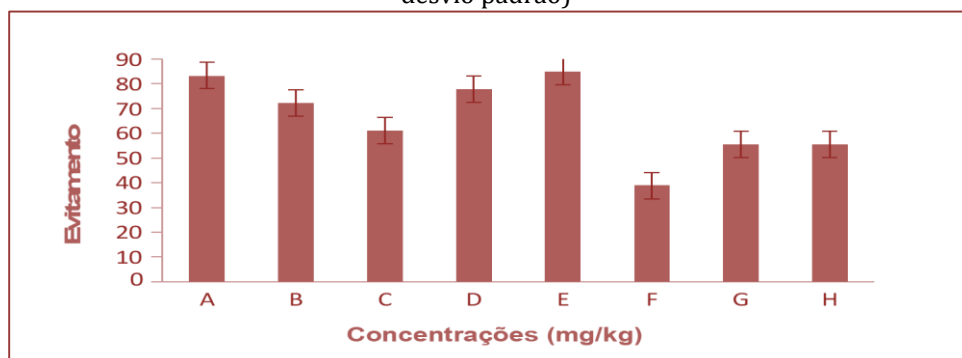
Estudos semelhantes realizados com o herbicida 2,4 D e Glifosato resultaram na morte aproximadamente 70% das minhocas em todas as concentrações avaliadas. Os organismos foram expostos a concentrações de 1, 10, 100, 500, 1000 mg.Kg-1 (OECD 2004). Segundo constatou, Santos (2018), por meio de teste de letalidade com minhocas, o herbicida Ally apresentou mortalidade apenas em altas concentrações, bem superior à dose prevista em campo. Ressaltando assim, que as doses recomendadas não oferecem riscos a vida da espécie em estudo.

Nota-se que a concentração (E), obteve uma diferença, cerca de 15% a mais, quando comparado com a porcentagem da menor mortalidade da CL₅₀ das concentrações individuais (dosagem 1000 mg Vezir. kg⁻¹ (B), a qual apresentou cerca de 50% de mortalidade, em contrapartida a dosagem E, registrou o maior índice de mortalidade com cerca de 65% (14º dia), indicando assim que a associação dos herbicidas potencializou o efeito tóxico sobre a mortalidade da espécie.

3.2. TESTE DE FUGA

A figura 8, expressa os resultados obtidos para o teste comportamental de fuga. Percebe-se que as concentrações 1000 mg.kg-1 do herbicida Ally (A) e a associação dos herbicidas Ally e Imazetapir respectivamente, 1000 mg.kg-1 + 2388,89 mg.kg-1 (E), apresentaram mais de 80% de preferência pelo solo controle, ou seja essas concentrações mostram-se críticas para a manutenção da vida. No entanto a concentração E, apresentou números mais elevados de fuga, em relação às doses individuais. Sugerindo que a combinação dos mesmos favorece o comportamento de evitação do solo contaminado.

Figura 8. Relação entre as dosagens dos herbicidas e a distribuição dos organismos no recipiente (média ± desvio padrão)



*A - Ally CL₅₀ (1000 mg/kg); B - Vezir CL₅₀ (2388,89 mg/kg); C - Ally + Vezir 25% CL (250 + 597,22) mg/kg; D - Ally + Vezir 50% CL (500 + 1194,445); E - Ally + Vezir 100% CL₅₀ (1000 + 2388,89) mg/kg; F - Ally recomendado (0,00072 mg/kg); G - Vezir recomendado (0,439 mg/kg); H - Ally + Vezir recomendado (0,00072 + 0,439) mg/kg. Para N igual a 3

Nas demais concentrações (B), (C), (D), os indivíduos não apresentaram comportamento de fuga, sendo o resultado expresso por porcentagem, 72,24%; 61,13%; 77,8%, respectivamente. Observando o gráfico vemos que o comportamento de fuga acompanhou o aumento das dosagens. Segundo Schiedeck et. al. (2010), esse fato pode ser observado em situações de intoxicação aguda, onde as minhocas podem apresentar dificuldades de fugir do meio contaminado, induzindo a resultados errôneos.

Nas doses recomendadas não desencadeou o comportamento de fuga nas minhocas, apresentando 38,88% (F), 55,56 (G), 55,56 (H) respectivamente. Desta forma, não foi possível observar a manifestação do comportamento de fuga em minhocas quando submetidas a concentração inferior a CL₅₀ indicada.

Em testes de avaliação da toxicidade ambiental do agrotóxico Glifosato as concentrações de 8.000 mg.kg-1 e 10.000 mg.kg-1 apresentaram o mesmo índice de fuga ao contaminante (84%). A concentração de 4.000 mg.kg-1 foi a dosagem que apresentou o menor valor de evitamento ao contaminante (76%) (MACHADO, 2016).

Foram observadas mudanças comportamentais nas minhocas expostas as maiores dosagens, elas apresentavam rigidez, movimentos lentos, e insensibilidade ao estímulo produzido com auxílio de uma pinça. As minhocas submetidas às menores dosagens, por sua vez, mostraram-se mais ativas e sensíveis ao estímulo. O mesmo comportamento foi relatado por Machado (2016).

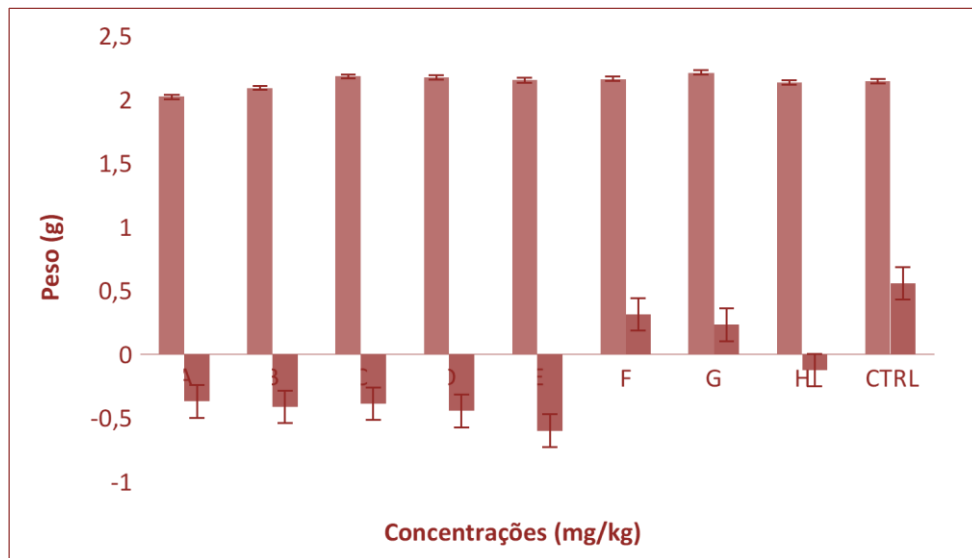
Contudo, mesmo que não sejam notados comportamentos de fuga em baixas concentrações à substância tóxica, não se pode afirmar com certeza que em exposição prolongada não haja efeitos deletérios aos organismos (BURATINI e BRANDELLI, 2006).

Faz-se necessária a ampliação dos estudos, simulando várias situações de contaminação, como exposições múltiplas, combinação de herbicidas e adjuvantes e também a utilização de testes que atuem no que tange o entendimento de efeito notórios à longo prazo nos organismos terrestres.

3.3. TESTES DE GANHO DE BIOMASSA

Para o monitoramento do ganho de biomassa, foram calculadas e analisadas as porcentagens de ganho e perda de biomassa total e entre cada semana até o 14º dia, os resultados estão expressos na figura 9.

Figura 9. Relação entre as dosagens dos herbicidas e o ganho/perda de biomassa dos organismos (média ± desvio padrão).



Após o registro dos pesos foi possível averiguar o ganho e a perda de biomassa dos indivíduos. Através do gráfico podemos verificar que houve uma perda de peso nas concentrações: A, B, C, D, E, H. Nas concentrações F, G e CTRL, observou-se um ganho de peso, sendo que o controle apresentou um ganho mais expressivo que os demais, sugerindo assim que esses herbicidas representam um obstáculo na obtenção de biomassa.

Os organismos das dosagens E, demonstraram ser os mais afetados com a substância, pois obteve a maior variação de biomassa. Em seguida estão as concentrações B e C, comprovando que a combinação dos herbicidas possui um efeito sobre a perda de biomassa acentuada, visto que a dosagem C prevaleceu dose A, com uma leve vantagem. Devemos observar que a concentração H "superou" em perda de biomassa, as dosagens recomendadas individuais, sugerindo mais uma vez, que a associação potencializa seus efeitos tóxicos.

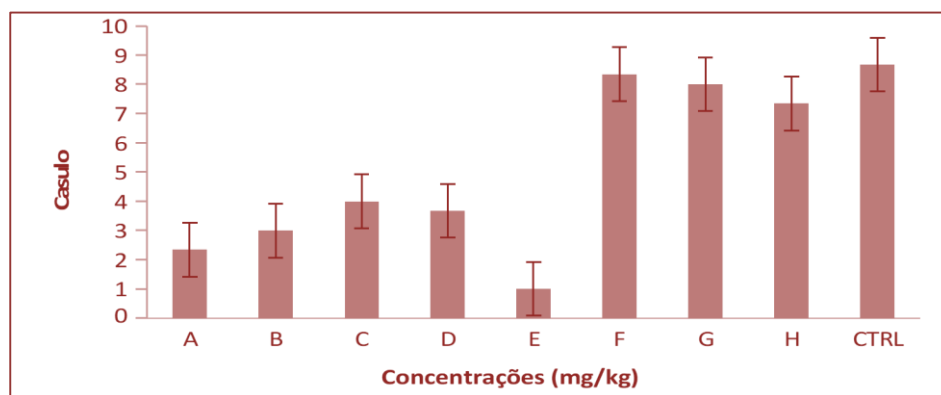
As variações negativas na biomassa podem representar um indicador de estresse químico, a qual afeta quimicamente a dinâmica de obtenção de alimento orgânico, acarretando na perda de energia, consequentemente, reduzindo sua massa corpórea. De acordo com Shi *et. al*, (2014), as minhocas apresentam características estratégicas para garantir a sobrevivência em locais inóspitos, elas reduzem a ingestão de alimentos, a fim de evitar contaminação com produtos tóxicos, como produtos químicos, metais pesados entre outros.

Estudos realizados por Adama (2018), no qual o Vezir foi testado em ratos num período de 24 meses em diferentes concentrações, nas doses de 5.000 e 10.000 ppm observou-se redução do peso corporal e redução do ganho cumulativo de peso corporal nas fêmeas. O mesmo teste foi realizado num período menor, de 18 meses em diferentes concentrações. Na dose de 10.000 ppm observou-se redução do peso corporal e redução do ganho corporal em ambos os sexos. A ficha de segurança do herbicida Ally apresenta resultados de testes realizados em coelhos e ratos e, adverte que a exposição crônica a esta substância leva a redução do peso corporal.

Outro teste realizados por Correia *et. al*, (2015), com organismos expostos (56 dias) a concentrações de glifosato de 1, 10, 100, 500, 1000 mg.Kg-1, mostraram redução de peso (perda de até 50%), Estes resultados sugerem que estes organismos estão sob- risco e podem inclusive desaparecer de plantações que usam este agrotóxico.

Segundo Daruich (2001), o mesmo foi observado em camundongos prenhes expostos à associação do ácido 2,4 diclorofenoxiacético e glifosato, os organismos experimentais expostos tiveram um decréscimo no consumo de água e comida, como consequência, houve uma redução no peso corporal. Em outro estudo similar, notou-se, nos ensaios com a formulação de Deltametrina quanto com glifosato, todas as dosagens apresentaram comportamentos distintos do controle. Em todos os experimentos com as substancias presentes, os organismos teste perderam biomassa com relação ao início do ensaio; sendo que foram observado uma maior perda de biomassa a medida que aumentava a concentração de pesticidas aplicados (KANASHIRO, 2015). Com este teste podemos verificar a influência dos contaminantes sobre o ciclo reprodutivo das minhocas, assim, podemos constatar com mais precisão os efeitos indiretos que são ameaças à vida destes organismos. Este trabalho fornece informações úteis para avaliar o risco potencial desses produtos químicos para os invertebrados do solo. Na figura 10, poderemos analisar os resultados deste ensaio.

Figura 10. Relação entre as dosagens dos herbicidas e o surgimento de casulos.

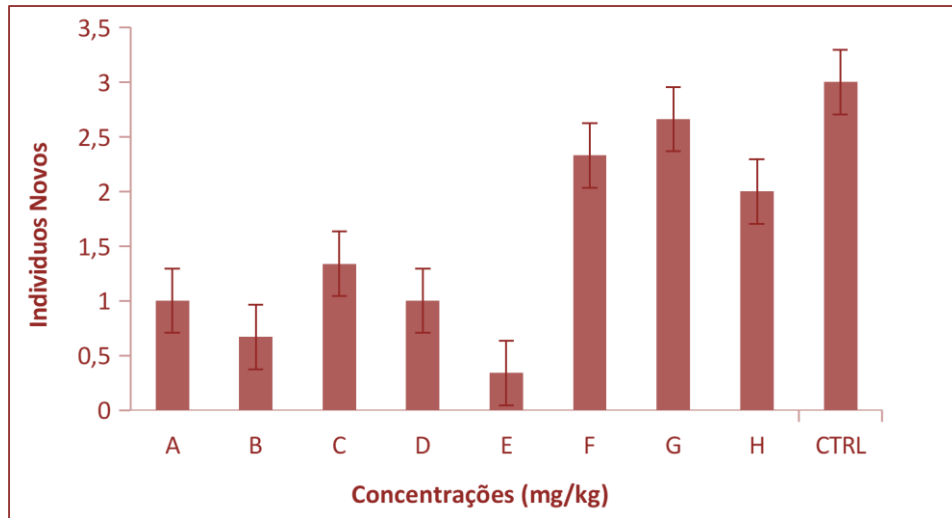


*A - Ally CL50 (1000 mg/kg); B - Vezir CL50 (2388,89 mg/kg); C - Ally + Vezir 25% CL (250 + 597,22) mg/kg; D - Ally + Vezir 50% CL (500 + 1194,445); E - Ally + Vezir 100% CL50 (1000 + 2388,89) mg/kg; F - Ally recomendado (0,00072 mg/kg); G - Vezir recomendado (0,439 mg/kg); H - Ally + Vezir recomendado (0,00072+ 0,439) mg/kg. CTRL solo sem tratamento. Para N igual a 3.

Analisando a figura 10, podemos notar, que nas amostras que continham maior concentração dos herbicidas, houve a redução significativa de casulos. A dosagem que mais mostrou-se afetada negativamente em comparação com o CTRL, foi a E, que apresentou em torno de 1 casulo, já o grupo CTRL, apresentou cerca de 10 casulos, ou seja, o grupo E representou aproximadamente 10% dos organismos presentes no CTRL.

O decréscimo dos índices de casulos nas concentrações mais altas não está restrito somente ao aumento das dosagens de agrotóxico, considerando que foram utilizadas apenas as minhocas sobreviventes dos testes anteriores, resultando conseqüentemente, na redução de reprodutores presentes nas amostras mais concentradas, levando a números desfavoráveis de casulos casulos nas concentrações mais altas.

Figura 11. Relação entre as dosagens dos herbicidas e o surgimento dos indivíduos e casulos.



*A - Ally CL50 (1000 mg/kg); B - Vezir CL50 (2388,89 mg/kg); C - Ally + Vezir 25% CL (250 + 597,22) mg/kg; D - Ally + Vezir 50% CL (500 + 1194,445); E - Ally + Vezir 100% CL50 (1000 + 2388,89) mg/kg; F - Ally recomendado (0,00072 mg/kg); G - Vezir recomendado (0,439 mg/kg); H - Ally + Vezir recomendado (0,00072 + 0,439) mg/kg. CTRL solo sem tratamento. Para N igual a 3

A figura 11 demonstra que a quantidade de indivíduos Novos não foram expressivos. Observou-se que o número de casulos encontrados nas amostras decrescia conforme a dosagem dos herbicidas aumentava. Sendo mais agravado com a associação das CL₅₀ em relações a as doses individuais. Portanto, evidenciou-se que os herbicidas podem influenciar negativamente a reprodução das minhocas *E. fetida*, tanto na formação de casulos, quanto na eclosão dos mesmos, acarretando na redução de minhocas.

Nas concentrações indicadas, houve uma leve redução na reprodução em comparação ao grupo CTRL. Com base nos resultados, sugere-se que as doses recomendadas não afetam de forma tão expressiva na reprodução da espécie a curto prazo. As concentrações F, G, e H, apresentaram índices similares, com números de casulos muito próximos, visto que a aparição de casulos foi mais significativa quando comparado com a aparição de indivíduos novos, onde F e H apresentaram índices menores em relação a G, sugerindo assim que a substancia tóxica não afeta tão diretamente na reprodução de casulos, mais sim na eclosão dos mesmos, reduzindo em longo prazo de forma significativa, o nascimento de indivíduos da espécie em análise.

A concentração H (associação das concentrações recomendadas), apesar de não apresentar números tão distintos das concentrações recomendadas e do CTRL, no que tange ao número de casulos. Parece diminuir a viabilidade na eclosão de casulos e assim na aparição de indivíduos novos. Indicando que a associação recomendada apresenta-se como um obstáculo na reprodução, especificamente na eclosão dos mesmos.

De acordo com Lourenço (2010), uma minhoca produz um casulo em cada sete a dez dias, cada casulos contendo em media 7 casulos. Kanashiro (2015), relata que nos ensaios de toxicidade do Glifosato e da Deltametrina no modelo *E. fetida*, nas concentrações 6000 mg kg⁻¹ e 500 mg kg⁻¹, respectivamente os número de indivíduos novos e casulos, decresciam a medida que aumentava a substância tóxica.

Testes realizados por Correia *et. al.* (2015), com organismos expostos por um período de 56° dias a concentrações de glifosato de 1, 10, 100, 500, 1000 mg.Kg-1, apresentaram parada reprodutiva.

Os resultados obtidos mostram que a adição dessas substâncias em doses elevadas propõem efeitos subletais e podem em um curto prazo levar à extinção da população local. A redução de casulos e eclosão dos mesmos se deve também, a mortalidade dos indivíduos, o cenário real que ocorre em campo; Onde as minhocas passam pelo processo de intoxicação e outros efeitos deletérios para o desenvolvimento das mesmas, e num curto prazo de tempo acabam acentuando a mortalidade da espécie em locais onde aplicadas substâncias nocivas para elas.

4. CONCLUSÃO

Com este estudo foi possível avaliar os efeitos causados pela associação e uso das doses recomendadas dos herbicidas Ally e Vezir. Os resultados demonstraram que associação potencializa o efeito tóxico sobre a mortalidade dos organismos do solo. Sendo que a concentração E, registrou o maior índice de mortalidade com cerca de 67%. Já com relação às doses recomendadas, os resultados sugerem que as mesmas não apresentaram risco à vida dos organismos testes, visto que não houve ocorrência de mortalidade nessas concentrações.

No comportamento de Fuga apenas as concentrações 1000 mg.kg⁻¹ do herbicida Ally (A) e a associação dos herbicidas Ally +Imazetapir, 1000 mg.kg⁻¹ + 2388,89 mg.kg⁻¹ (E), apresentaram mais de 80% de preferência pelo solo controle. As doses recomendadas não apresentaram este comportamento.

Houve uma perda massa corporal nas concentrações: A, B, C, D, E, H, sendo que a H apresentou uma perda menos significativa com relação às outras concentrações. Sugerindo assim que esses herbicidas representam um obstáculo na obtenção de biomassa.

Os resultados sugerem que a adição destas substâncias pode acarretar na diminuição de casulos, eclosão, e aparição de indivíduos novos, mesmo em doses recomendada, as quais não apresentaram diminuição significativa a curto prazo, porém a longo prazo poderá resultar em perdas expressivas da população; E principalmente em doses elevadas, as quais apresentaram de forma mais imediata seus efeitos negativos sobre a reprodução. A dose H (associação das concentrações recomendadas), parece diminuir a viabilidade na eclosão de casulos e assim na aparição de indivíduos novos. Indicando que a associação recomendada apresenta-se como um obstáculo na reprodução, especificamente na eclosão dos casulos.

Este estudo fornece uma importante contribuição para o conhecimento da toxicidade dos herbicidas Ally e Vezir, visto que esses produtos, muitas vezes são aplicados em conjunto. Salienta-se também que na aplicação destes herbicidas deve se ter muita cautela, visto que na prática não há garantias de que a dosagem recomendada é de fato a aplicadas pelos agricultores sendo que o uso irresponsável do mesmo pode prejudicar o ecossistema local.

REFERÊNCIAS

- [1]. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) 2007. NBR15537 – Ecotoxicologia terrestre - Ecotoxicidade aguda - Método de ensaio com minhocas.
- [2]. ADAMA, 2018. Companhia de Agroquímicos Adama Brasil. Disponível em: <<https://www.adama.com/brasil/pt/>>. Acesso 15 junho 2018
- [3]. AIRA, M., Monroy, F. e Domínguez, J. 2007. Eisenia fetida (Oligochaeta: Lumbricidae) Modifies The Structure And Physiological Capabilities Of Microbial Communities Improving Carbon Mineralization During Vermicomposting Of Pig Manure. *Microbial Ecology* (2007) 54: 662.
- [4]. ALMEIDA, V. E. S. de; CARNEIRO, F. 2010. Brasil é o país que mais usa agrotóxicos no mundo. *Eco debate Cidadania e Meio Ambiente*, Mangaratiba, Disponível em: < <http://www.ecodebate.com.br/2010/07/08/brasil-e-o-pais-que-mais-usa-agrotoxicos-no-mundo-artigo-de-fernando-ferreira-carneiro-e-vice-eduardo-soares-e-almeida>>. Acesso em: 16 maio 2018
- [5]. ANDRÉA, M. M. & S. PAPINI. 2010. Influence Of Soil Properties On Bioaccumulation of 14c-simazine In Earthworms Eisenia fetida. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*. 40: 55-58.
- [6]. ANTUNES, Paulo de Bessa. 2010. *Direito Ambiental*. 12ªed. Rio de Janeiro: Lumen Juris. P. 645
- [7]. ANVISA (2012) Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/anvisa+portal/anvisa/sala+de+imprensa/menu++noticias+anos/2012+noticias/seminario+volta+a+discutir+merca+do+de+agrotoxicos+em+2012>> Acesso 04 junho 2018.

- [8]. ARAÚJO, R. S.; GARCIA, M. V. B.; GARCIA, T. B. 2008. Toxicidade aguda do herbicida Glifosato (Roundup) para Danio rerio (Teleostei, Cyprinidae), em condições tropicais. Embrapa,
- [9]. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – 2014. ABNT. NBR 15537: Ecotoxicologia terrestre. Ecotoxicologia aguda. Método de ensaio para minhocas. Rio de Janeiro. ABNT, 11 f.
- [10]. BALSAN, R. 2006. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. In: Campo e território: Revista de Geografia Agrária. Rio Grande, v. 1, n. 2, p. 123- 151, ago.
- [11]. BASF, 2018. Alteza® 30 SL Herbicida. Disponível em: < <http://www.adapar.pr.gov.br> > Acesso 27 novembro 2018
- [12]. BASTOS, C. S.; DANIELLE, J.; MARIA, R. Seletividade de pesticidas à Chrysoperla externa (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007. (Comunicado técnico, 346).
- [13]. BEZERRA, Juliana. 2018. Revolução Verde: O Que Foi. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/revolucao-verde/>>. Acesso em: 14 maio 2018.
- [14]. BRASIL, 2002. Decreto Nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002 Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989.
- [15]. BRASIL, 1934. Decreto Nº 24.114 de 12 de abril de 1934. Brasília, DF
- [16]. BRASIL, 1989. Lei nº 7802, de 11 de junho de 1989. Brasília, DF
- [17]. BRASIL, 2010. Luis Eduardo Pacifici Rangel. 2010. Secretaria de Defesa Agropecuária - Sda Departamento de Fiscalização de Insumos Agrícolas - Dfia Coordenação-geral de Agrotóxicos e Afins - Cgaa. Agrotóxicos E Afins Legislação Federal e Fiscalização. Brasil: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Color.
- [18]. BRASIL, 2018. Ministério da Agricultura e Produção Agrícola. Banco De Informações De Agrotóxicos E Indicação De Uso Para Combate A Pragas, Plantas Daninhas E Doenças. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons!/ap_produto_form_detalhe_cons?p_id_produto_formulado_tecnico=7706&p_tipo_janela=NEW > Acesso: 31 maio 2018
- [19]. BRASIL 2018. Ministério da Agricultura e Produção Agrícola. Banco De Informações De Agrotóxicos E Indicação De Uso Para Combate A Pragas, Plantas Daninhas E Doenças. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons!/ap_ing_ativo_detalhe_cons?p_id_ingrediente_ativo=176>. Acesso: 31 maio 2018
- [20]. BRASIL, 2018. Ministério da Agricultura e Produção Agrícola. Banco De Informações De Agrotóxicos E Indicação De Uso Para Combate A Pragas, Plantas Daninhas E Doenças ,2018. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons!/ap_ing_ativo_detalhe_cons?p_id_ingrediente_ativo=148&p_id_ingrediente_ativo=148&p_id_ingrediente_ativo=148>. Acesso: 31 maio 2018
- [21]. BRASIL, 2018. Ministério da Agricultura e Produção Agrícola. 2018 Banco De Informações De Agrotóxicos E Indicação De Uso Para Combate A Pragas, Plantas Daninhas E Doenças, . Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons!/ap_produto_form_detalhe_cons?p_id_produto_formulado_tecnico=7508&p_tipo_janela=NEW >. Acesso: 31 maio 2018
- [22]. BRASIL, 2018. Ministério do Meio Ambiente. Agrotóxicos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>>. Acesso em: 26 maio 2018.
- [23]. BRASIL, 2008. Portaria nº 191, de 15 de abril de 2008. Portaria Ministro de Estado do Trabalho e Emprego. Nrr5. Brasília, DF
- [24]. BRASIL, 2015. Projeto de Lei 3200 de 2015 (Câmaras dos deputados) Revoga a atual Lei de Agrotóxicos (7802/1989), Brasília, DF.
- [25]. BRASIL, 2015. Projeto de Lei 3200 de 2015 (Câmaras dos deputados) Revoga a atual Lei de Agrotóxicos (7802/1989), Brasília, DF, maio 2015. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=1295930&ord=1>> Acesso em: 06 junho 2018
- [26]. BROWN, 1995. G. G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity?. Plant and Soil, The Hague, v. 170, 209-231.
- [27]. BURATINI, S. V.; BRANDELLI, A. 2006. Bioacumulação. In: Zagatto, p. A; Bertolotti, (Eds). Ecotoxicologia Aquática. São Carlos: Editora Rimma, p. 56-88.
- [28]. CARVALHO, A. E. F.; LEONEL, L. F.; MATSUBARA, K. G.; SILVA, E. M. F.; SASAKI, T. H.; MONZANE, P. V. G. 2009. Avaliação Ecotoxicológica De Ecossistemas Aquáticos Da Bacia Hidrográfica Do Rio Itaqueri (Itirapina/ Brotas, SP): uma análise espacial. in: jornada científica e tecnológica da ufscar, anais.. são carlos: ufscar.
- [29]. CASTELLANOS, L. R. & J. C. A. HERNANDEZ. 2007. Earthworm Biomarkers Of Pesticide Contamination: Current Status And Perspectives. Journal of Pesticide Science. 32: 360-371.

- [30]. CASTRO, S. A. 2005. Avaliação pontual da degradação e transporte do herbicida glifosato no solo da bacia do Arroio Donato –Pejuçara (RS)102 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
- [31]. CHAPMAN, P.M. -2006. Emerging substances Environmental Toxicology and Chemistry, v.25, n.6, p.1445-1447. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232005000500006>> Acesso em: 30 maio 2018
- [32]. CHRISTOFFOLETI P. J. 2001. Bioensaio Para Determinação Da Resistência De Plantas Daninhas Aos Herbicidas Inibidores Da Enzima ALS. *Bragantia*, Campinas, 60(3), 261-265.
- [33]. CORREIA F. V. et. al., 2015. Glifosato, Superplantas e Subminhocas. v. 6 n. 1 (2015): *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*.
- [34]. CURRY, J. P. 2004. Factors Affecting The Abundance Of Earthworms In Soils. Pp. 91-113. In: C. A. Edwards (Ed.). *Earthworm ecology*. 2nd Ed. CRC Press, Boca Raton.
- [35]. DARUICH, J; ZIRULNIK, F.; GIMENEZ, M. S. 2001. Effect of the herbicide glyphosate on enzymatic activity in pregnant rats on their fetuses. *Environmental Research Section*.
- [36]. DISMORE, Francis. 2016. Going on a worm hunt: *Eisenia fetida*, a stripy worm. Disponível em: <<https://www.earthwormwatch.org/blogs/going-worm-hunt-eisenia-fetida-stripy-worm>>. Acesso em: 06 jun. 2018.
- [37]. DUPONT do Brasil S.A. Ally@ Cadastro Estadual nº 040 (Secretaria da Agricultura - SP) Disponível em: <http://www.dupont.com.br/content/dam/dupont/products-and-services/crop-protection/documents/pt_br/Ally_Bula.pdf> Acesso em 31 maio 2018es_pde/2012/2012_unioeste_cien_artigo_juliana_piana.pdf>. Acesso em: 26 maio 2018.
- [38]. DURNER, J.; GAILUS, V. & BOGER, P.1991. New Aspects On Inhibition Of Plant Acetolactate Synthase Depend On Avin Adenine Dinucleotide. *Plant Physiol*, 95:1144-1149.
- [39]. EDWARDS, C.A. & LOFTY, J.R. 1977. *Biology of Earthworms*. Chapman and Hall, London.
- [40]. EMBRAPA. 2011. Manual de Métodos de Análise do Solo. Rio de Janeiro, RJ, 2ª edição revisada EXTONET. Imazethapyr. Disponível em: <<http://extoxnet.orst.edu/pips/imazetha.htm>>. Acesso em: 10 maio 2018
- [41]. EXTONET. Metsulfuron. Disponível em: <<http://extoxnet.orst.edu/pips/metsulfu.htm>>. Acesso: 31 maio 2018
- [42]. FAO (Food and Agriculture Organization). 2018. Agricultural database. Disponível em: <http://www.fao.org> Acesso em: 29 maio 2018
- [43]. FAOSTAT, 2018 – Food And Agriculture Organization Of The United Nations Statistics. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>> Acesso em: 28 maio 2018
- [44]. GARCIA, M. 2004. Effects Of Pesticides In Soli Fauna: Development Of Ecotoxicological Reste Methods For Tropical Regions. 2004. 291 f Tese (Doutorado)- Hohen Landwirthchaftlichen Faultat, Universidade de Bonn.
- [45]. GAVRILESCU, M. 2005. Fate of pesticides in the environment and its bioremediation. *Engineering in Life Sciences*, v.5, n.6, p.497- 526, 2005. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/elsc.200520098/pdf>> Acesso em: 22 maio. 2018
- [46]. GAZZIERO, D.L; BRIGHENTI, A; MACIEL, C.D.G. CHRISTOFOLLETI, P; ADEGAS, F; VOLL, E. 1998. Resistência de amendoim - bravo aos herbicidas inibidores da enzima ALS. Planta daninha.
- [47]. GILIARDI DALAZEN (São Paulo). Arysta Lifescience. Mecanismos De Ação Dos Herbicidas: Inibidores Da Enzima ALS. Disponível em: <http://www.manejoderesistencia.com.br/uploads/ebooks/1491589671_ebook_arysta_mecanismos_de_ao_dos_herbicidas.pdf>. Acesso em: 31 maio 2018.
- [48]. GOETZ, A.J., LAVY, T.L., GBUR, E.E., JR. 1990. Degradation and field persistence of imazethapyr. *Weed Sci.*, v.38, n.4-5, p.421- 428.
- [49]. GUIMARÃES A.A. Minhobox .2018. Por quanto tempo vive uma minhoca? Disponível em: <<http://www.minhobox.com.br/minhoquiz/post/pt/por-quanto-tempo-vive-uma-minhoca>>. Acesso em: 06 jun. 2018.
- [50]. HOLLAWAY, K.L. et al , 2006. Persistence and leaching of imazethapyr and flumetsulam herbicides over a 4-year period in the highly alkaline soils of south- eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.46, n.5, p.669-674. IBGE. 2013. IBGE Investiga o Meio Ambiente de 5.560 Municípios Brasileiros. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br>> Acesso 04 junho 2018.
- [51]. IBGE.2013. Produção Agrícola Municipal: Comentários. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_\[anual\]/2013/pam2013_comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_[anual]/2013/pam2013_comentarios.pdf)>. Acesso em: 28 maio 2018.

- [52]. INCA. Posicionamento Público do INCA a Cerca do Uso de Agrotóxicos. Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/comunicacao/posicionamento_do_inc_a_sobre_os_agrotoxicos_06_abr_15.pdf> Acesso 04 junho 2018.
- [53]. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2012 – ISO. 11268-1. Soil quality -Effects of pollutants on earthworms -- Part 1: Determination of acute toxicity to *Eisenia fetida*/*Eisenia andrei*
- [54]. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2012 – ISO. 11268-2 Soil quality -- Effects of pollutants on earthworms -- Part 2: Determination of effects on reproduction of *Eisenia fetida*/*Eisenia andrei*
- [55]. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2007 - ISO. 17512-1. Soil quality: Avoidance test for testing the quality of soils and effects of chemicals on behavior. Part 1: test with earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*). Geneva.
- [56]. JONES, CG, Lawton, JH, Shachak, M. 1994. Organismos Como Engenheiros Do Ecosistema. *Oikos* 69: p. 373–386
- [57]. KANASHIRO, Michelle Miyuki. 2015. Avaliação Da Toxicidade Do Glifosato E Da Deltametrina Em Solo. 2015. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de SÃO Paulo Escola de Engenharia de SÃO Carlos, São Carlos.
- [58]. LIU, X.; CHENGXIAO, H.; ZHANG, S. , 2005. Effects on earthworm activity on fertility and heavy metals bioavailability in sewage sludge. *Environment International*, Amsterdam, v. 31, p. 874-879.
- [59]. LONDRES, F , 2011. Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida. – Rio de Janeiro: AS-PTA – Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura. Alternativa 190 p.
- [60]. LOURENÇO, N. M. G. 2010. Características Da Minhoca Epígea *Eisenia Foetida* – Benefícios, Características E Mais-Valias Ambientais Decorrentes Da Sua Utilização. Lisboa. 5p.
- [61]. LUCCHESI, G, 2005. Agrotóxicos–Construção Da Legislação. Brasília, DF: Consultoria Legislativa.
- [62]. MACHADO, Bettina Rodrigues. 2016. Avaliação datoxicidade ambiental do agrotóxico Glifosato em solo utilizando como bioindicador minhocas da espécie *Eisenia andrei*. 2016. 64 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- [63]. MALLIPUDI, N.M. et al .1991. Photolysis of imazapyr (AC 243997) Herbicide in aqueous media. *J. Agric. Food Chem.*, V.39, p412-417.
- [64]. MARAUN, M.; ALPHEI, J.; BONKOWSKI, M.; BURYN, R.; MIGGE, S.; PETERS, M.; SCHAEFER, M.; SCHEU, S.1999. Middens of the earthworm *Lumbricus terrestris* (*Lumbricidae*): microhabitats for micro-and mesofauna in forest soil. *Pedobiologia*, Jena, v. 43, 276-287.
- [65]. MARCHEZAN, E. et al .2010. Resíduos de agrotóxicos na água de rios da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência Rural*, v.40, p.1053-1059, Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v40n5/a574cr2775.pdf>> Acesso em: 23 maio 2018.
- [66]. MARTINS, M. B.; CORADIN, M. C.; ALVES, Y. S.; SCHREIBER, F.; ANDRES,A.; CONCENCO, G.; PITOL, A.; BEHENCK, J. P.2017. Controle de capim-arroz e arroz- daninho no arroz irrigado com herbicidas pré-emergentes. In: Congresso Brasileiro De Arroz Irrigado, Gramado. Intensificação sustentável: anais. Gramado: Sosbai.
- [67]. MOREIRA, J. C. et al, 2002. Avaliação Integrada Do Impacto Do Uso De Agrotóxicos Sobre A Saúde Humana Em Uma Comunidade Agrícola De Nova Friburgo, Rj. *Ciência e Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 7, p. 299-311.
- [68]. NETTO, Mariana. 2015.A Legislação Ambiental Brasileira E O Uso De Agrotóxicos Proibidos No Exterior.: Permissibilidade Da Lei Ou Falta De Efetividade? Disponível em: <https://marianacnetto.jusbrasil.com.br/artigos/184178028/a-legislacao-ambiental- brasileira-e-o-uso-de-agrotoxicos-proibidos-no-exterior>>. Acesso em: 30 maio 2018.
- [69]. NUNES, S. P. 2007.O Desenvolvimento Da Agricultura Brasileira E Mundial E A Ideia De Desenvolvimento Rural. *Conjuntura Agrícola*, v. 157. Disponível em: <<http://www.deser.org.br/documentos/doc/DesenvolvimentoRural.pdf>>Acesso em: 18 maio 2018.
- [70]. OECD(Organization for Economic Cooperation and Development). 2004. Guidelines for testing of chemicals. Test 222: Earthworm reproduction test (*Eisenia fetida*/ *Eisenia andrei*). Paris: Organization for Economic Cooperation and Development.
- [71]. OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 1984. Guideline 208: Terrestrial Plants, Growth Test. OECD Guidelines for testing of chemical. OECD Paris.
- [72]. OLIVEIRA J. S. 2016. Blocos no poder, aparelhos de estado e o consumo de agrotóxicos no Brasil. 117f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Programa De Pós- Graduação Em Economia, Universidade Federal Da Bahia Faculdade De Economia, Salvador.

- [73]. OLIVEIRA JUNIOR, Rubem Silvério de; CONSTANTIN, Jamil; INOUE, Miriam Hiroko. 2011. *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas: Mecanismos de Ação de Herbicidas*. 8. ed. Brasil: Omnipax Editora, 348 p.
- [74]. OLIVEIRA, T. A. de; LÁZARI, T. M. de; NUNES, G. 2009. Efeito Da Interação Do Nicosulfuron Chlorpyrifos Sobre O Banco De Sementes E Os Atributos Microbianos Do Solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 3, p. 563-570, maio/jun.
- [75]. PAN- Pesticide Action Network. [www.pesticideinfo.org] Disponível em:<http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC33042> Acesso em: 11 maio 2018
- [76]. PAN- Pesticide Action Network. [www.pesticideinfo.org] Disponível em:<http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC32809> Acesso em: 31 maio 2018
- [77]. PELAEZ, V.; TERRA, F. H. B.; SILVA, L. R. Da. 2010. A regulamentação dos agrotóxicos no Brasil: entre o poder de mercado e a defesa da saúde e do meio ambiente. *Revista de Economia*, v. 36, n. 1, p. 27-48, jan./abr.
- [78]. POLEZA, F; Souza, R. C; Stramosk, C. A; Rorig, L. Rubi; Resgalla Jr. 2008. Avaliação Da Toxicidade Aguda Para O Organismo-Teste *Vibrio Fischeri* Dos Principais Herbicidas E Inseticidas Aplicados Na Lavoura De Arroz Irrigado Dos Estados De Santa Catarina E Rio Grande Do Sul. *Pesticidas: Ecotoxicologia e meio ambiente*. Curitiba, v. 18, p. 107-114, jan./dez.
- [79]. REYNOLDS, J.W. 1977. *The earthworms (Lumbricidae and Sparganophilidae) of Ontario*. Royal Ontario Museum, Toronto.
- [80]. RIBEIRO, Luís Carlos. 2011. Curso sobre agrotóxicos ENFISA - Encontro de Fiscalização e Seminário Nacional sobre Agrotóxicos. Vídeo-aula publicada em 25 de maio de 2011. Disponível em:<http://inovadefesa.ning.com/group/enfisa/forum/topics/curso-sobreagrototoxicos?xg_source=msg_mes_network> Acesso: 03 junho 2018.
- [81]. ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. 2007. *Como Funcionam Os Herbicidas: Da Biologia À Aplicação* / Editado por Erivelton Scherer Roman, Leandro Vargas. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier. Ed. 21. 152p.
- [82]. SANTO, Fernanda. et. al. (2018). Screening Effects Of Metsulfuron-Methyl To Collembolans And Earthworms: the role of adjuvant addition on ecotoxicity. *environmental science and pollution research*. 25. 10.1007/s11356-018-2481-5.
- [83]. SANTOS, Juliana Piana dos; POLINARSKI, Celso Aparecido. 2012. Ação Local Efeito Global: Quem São Os Agrotóxicos? In *O professor PDE e os desafios das escolas públicas paranaenses*. Paraná. Disponível em:<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producao_pde/2012/2012_unioeste_cien_artigo_juliana_piana.pdf> Acesso 04 junho 2018.
- [84]. SCHERER E.R; Vargas L; Rizzardi M A.; Hall L; 2005. *Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação* / Editado por Erivelton Scherer Roman,. Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier, 152p. : il.
- [85]. SCHIEDECK, G. 2010. Espécies De Minhocas Para Minhocultura. Artigo em Hypertexto. Disponível em:<http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/minhocultura/index.htm>. Acesso em: 04 junho 2018
- [86]. SHANER, D.L.; O'CONNOR, S. Eds. 1991 *Imidazolinones Herbicides*. Boca Raton: CRC, 290p
- [87]. SILVA, A. A.; SILVA, J. F. 2007. *Tópicos em Manejo de Plantas Daninhas*. Viçosa. Editora UFV, 367p.
- [88]. SILVA, D. R. O.; AVILA, L. A.; AGOSTINETTO, D.; BUNDT, A.; PRIMEL, E. G.; CALDAS, S.S. 2011. Ocorrência De Agrotóxicos Em Águas Subterrâneas De Áreas Adjacentes A Lavouras De Arroz Irrigado. *Química Nova*, Vol. 34, No. 5, 748-752.
- [89]. SILVA, J.B., KARAM, D., ARCHÂNGELO, E.R. Avaliação Do Efeito Residual De Imazamox E Imazethapyr Aplicados Em Pós-Emergência Na Cultura Da Soja Sobre O Milho Safrinha. In: *Congresso Nacional de Milho E Sorgo*, 21, 1996, Resumos. Londrina: IAPAR, 1996. p.348).
- [90]. SISINNO, C. L. S.; BULUS, M. R. M.; RIZZO, A. C.; MOREIRA, J. C. 2006. Ensaio de
- [91]. Comportamento Com Minhocas (*Eisenia fetida*) Para Avaliação De Áreas Contaminadas: Resultados Preliminares para Contaminação por Hidrocarbonetos. *J. Braz. Soc. Ecotoxicol.*, v. 1, n. 2, p. 137-140.
- [92]. SISINNO, C., BULUS, M., RIZZO, A., SÁFADI, R., FONTES, A. & MOREIRA, J., 2004, *Ensaio Ecotoxicológicos Como Um Instrumento De Complementação Da Avaliação De Áreas Contaminadas: Resultados Preliminares Em Áreas Contaminadas Por Hidrocarbonetos*, pp. 150-154. In: *III Seminário Nacional de Saúde e Ambiente*, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 164p.
- [93]. Smith, A.E. 1986. Persistence of the Herbicides [14C] Chlorsulfuron and [14C] Metsulfuron-methyl in Prairie Soils Under Laboratory Conditions. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 37: 698-704. Disponível Em:<<https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01607826>> Acesso: 31 maio 2018

- [94]. SPADOTTO, C. A. 2006. Avaliação De Riscos Ambientais De Agrotóxicos Em Condições Brasileiras. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 20 p.
- [95]. SPADOTTO, C. A.; JUNIOR SCORZA, P. R.; CARVALHO, DE G. F. E.; GOMES, M.A.F.; LUCHINI, L. C.; ANDREA, M. M. de. 2004. Monitoramento Do Risco Ambiental De Agrotóxicos: Princípios E Recomendações. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 8 p.
- [96]. SPADOTTO, C.A.; GOMES, M.A.F.; LUCHINI, L. C.; ANDREA, M. M. de. 2004. Monitoramento Do Risco Ambiental De Agrotóxicos: Princípios E Recomendações. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 29 p. Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 42.
- [97]. TRIPATHI G.; BHARDWAJ P. 2004. Bioresource Technology. Comparative Studies On Biomass Production, Life Cycles And Composting Efficiency Of *Eisenia fetida* (Savigny) And *Lampito Mauritii* (Kinberg). Volume 92, Edição 3, 275-283 p.
- [98]. VARGAS, L.; SILVA, A.A.; BORÉM, A.; REZENDE, S.T.; FERREIRA, F.A. & SEDIYAMA, T. 1999. Resistência De Plantas Daninhas A Herbicidas. Viçosa, MG: Ed. dos autores, 131 p.
- [99]. VENCILL, W.K. (Ed). 2002. Herbicide Handbook. 8 ed. Lawrence, KS: Weed Science Society of America.
- [100]. VISCHETTI, C. 1995. Measured and simulated persistence of imazethapyr in soil. Bull. Environ. Contam. Toxicol., v.54, p.420- 427.
- [101]. WAUCHOPE, R.D., T.M. Butler, A.G. Hornsby, P.W.M. Augustijn-Beckers and J.P. Burt. 1992. The SCS/ARS/CES Pesticide Properties Database for Environmental Decision- Making. In Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. Springer-Verlag Publishers. Disponível Em: <https://link.springer.com/chapter/1>> Acesso: 31 maio 2018.
- [102]. YOUNG, J. K.; ULRICH, P. Advanced Environmental Monitoring. Dordrecht, Netherlands, 1st ed. Softcover of orig. ed. 2008, p. 420. ATOM BRASIL Soluções no controle de Pragas: [<http://www.atombrasil.com>] Disponível em: <<http://solcomercio.com.br/control/uploads/bulas/147.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2018

Capítulo 16

Avaliação dos índices de conforto térmico para as diferentes fases de produção de frangos de corte utilizando cartas de controle⁵

Patricia Azevedo Castelo Branco do Vale

Wellington Gonzaga do Vale

Edson Iglesias

Rodolfo Ferreira Moura

Claudson Oliveira Brito

Douglas Romeu da Costa

Mariana Dias Meneses

Resumo: A busca por melhores índices zootécnicos e econômicos, frente aos desafios gerados pelo ambiente onde as aves são criadas, tem estimulado pesquisas relacionadas a modificações na estrutura dos galpões e nas dietas, na tentativa de amenizar os prejuízos causados pelas altas temperaturas sobre o desempenho de frangos de corte. Assim, objetivou-se avaliar os Índices de Conforto Térmico, sendo o ITU (Índice de Temperatura e Umidade) e o ITGU (Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade) de um galpão experimental de frangos de corte, localizado no município de São Cristóvão-SE. Foi utilizado um aparelho, desenvolvido e validado pelo Departamento de Engenharia Agrícola, para calcular e armazenar os índices de conforto térmico no período de sete semanas. Para analisar os valores dos índices de conforto térmico foram utilizadas cartas de controle, elaboradas utilizando o programa Minitab 19. De acordo com os resultados encontrados para ITGU, o Laboratório de Metabolismo de Aves (LBMA) apresentou as condições ambientais ideais para o desenvolvimento adequado de frangos de corte. Com relação ao ITU, os valores mostraram-se inconsistentes em relação aos sugeridos pela literatura.

Palavras-chave: Ambiência Animal, Limites de Controle, Zootecnia de Precisão

⁵ O presente artigo foi originalmente publicado na Revista Scientific Electronic Archives (ISSN 2316-9281)

1. INTRODUÇÃO

As condições ideais de temperatura e umidade são aquelas que dispensam ajustes para a obtenção do conforto térmico de aves criadas em regime confinado. O Brasil tem temperaturas médias variando entre 20 a 25°C durante o ano, fica caracterizado um País de clima tropical e subtropical, mais propenso ao estresse por calor do que por frio, portanto estas condições de ideais de temperatura e umidade, não existem. Para garantir que o animal esteja em condições favoráveis para produzir foram desenvolvidos alguns indicadores sobre ambiente. Os índices de Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) são amplamente utilizados. A literatura cita inúmeros estudos relacionando a utilização de métodos de Controle Estatístico de Processo (CEP), tais como em gerenciamento de processos ou de sistemas produtivos, destinados a monitorar a estabilidade e acompanhar seus parâmetros ao longo do tempo (ROSA, 2009). Estudos relatam que o uso correto do CEP e técnicas estatísticas permite o monitoramento da qualidade e redução da variabilidade eficaz, e posteriormente, promovendo uma melhoria do processo produtivo. Sendo assim, objetivou-se neste trabalho comparar os valores de ITU e ITGU de um galpão de aves, localizado no município de São Cristóvão-SE com vistas à produção de aves de corte.

2. MÉTODOS

Para realização da presente pesquisa, foi utilizado um aparelho desenvolvido e validado pelo Departamento de Engenharia Agrícola/UFS, para registrar as temperaturas de bulbo seco, úmido e globo negro, umidade relativa do ar, calcular o ITU e ITGU e armazenar em arquivo no formato de bloco de notas, em um microchip, através do shield Ethernet W5100, todos esses dados a cada 20 minutos. O aparelho permaneceu do dia 17/06/2019 a 04/08/2019 em funcionamento no Laboratório de Metabolismo de Aves (LBMA), da Universidade Federal de Sergipe, pertencente ao Departamento de Zootecnia, no campus de São Cristóvão. As temperaturas e umidades relativas do LBMA foram registradas por meio dos sensores de termômetros de bulbo seco e úmido e de globo negro e sensor de umidade, sendo o aparelho mantido no centro do galpão. Assim que os sensores registravam os valores, os mesmos já eram armazenados e convertidos nos índices ITU e ITGU. Para o cálculo dos índices a literatura comumente cita Buffington et al. (1981), cuja equação (1) para cálculo é:

$$ITGU=0,72*(Tgn+Tbu)+40,6 \quad (1)$$

em que,

Tgn - temperatura do globo negro colocado no mesmo local que os animais, °C; e

Tbu - temperatura de bulbo úmido, °C.

Para o ITU, Thom (1959) determina a seguinte equação (2):

$$ITU=0,8Ts+[UR*(Ts-14,3)/100]+46,3 \quad (2)$$

em que,

Ts - temperatura média do ar, °C; e

UR - umidade relativa média do ar, %.

As equações 1 e 2 foram inseridas no código do microcontrolador para calcular os valores de ITU e ITGU. Para confeccionar as cartas de controle, foram utilizadas as médias de cada dado observado, durante os dias de cada semana. Estes valores foram utilizados para comparação com as condições ideais de conforto térmico para frangos de corte, em função da sua idade em semanas de vida, de acordo com valores referência obtidos em literatura. Para analisar os valores dos índices de conforto térmico foi utilizada a carta de controle individual. As cartas de controle foram elaboradas utilizando o programa Minitab 19.

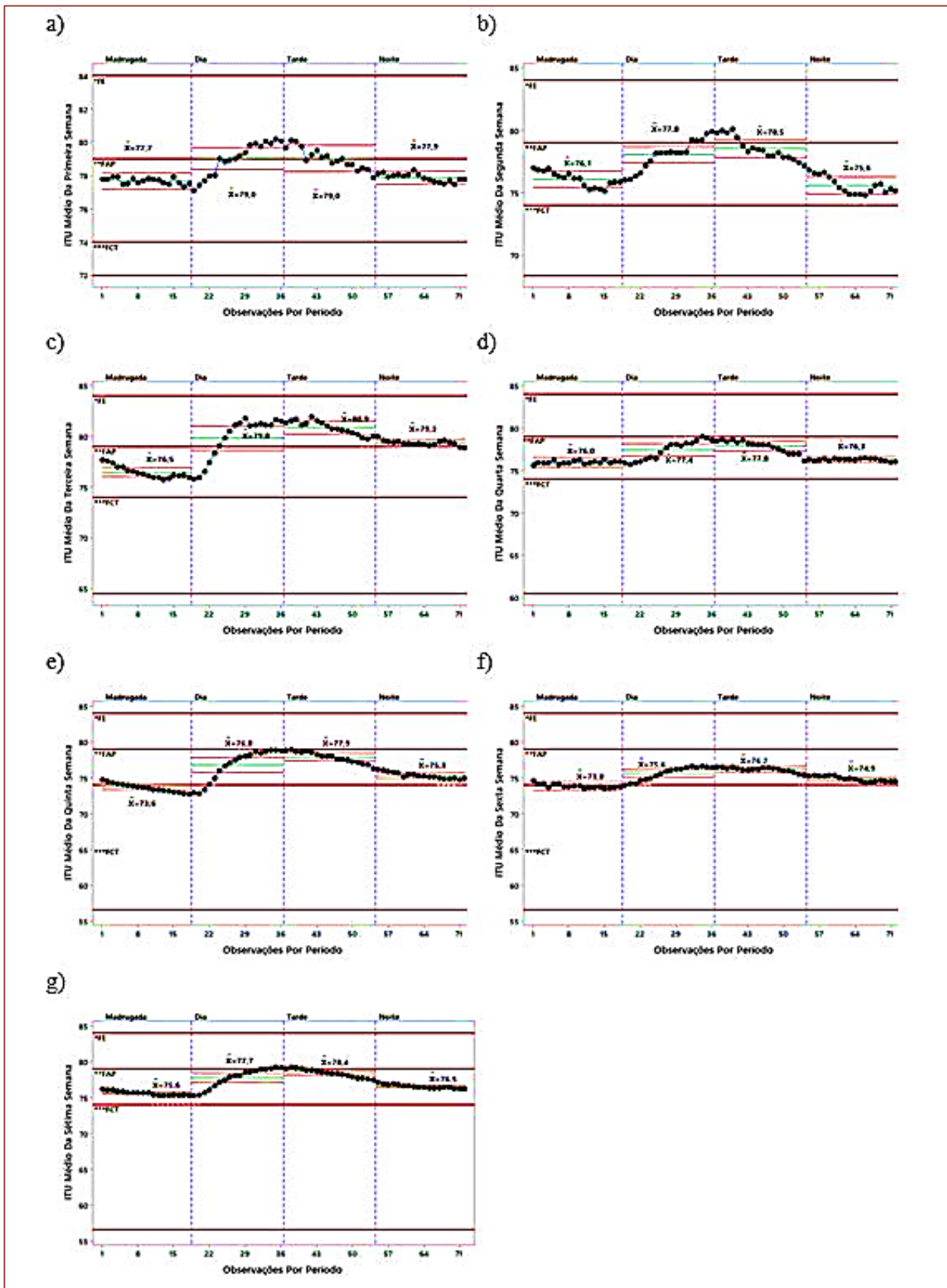
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias do índice de temperatura e umidade (ITU) registrados durante todas as semanas de vida das aves no interior do galpão, constam nas Figuras 1.

Observando a Figura 1 do ITU, referente a primeira semana de vida, os valores médios encontrados, para os períodos madrugada (77,7), dia (79,0), tarde (79,0) e noite (77,9), as aves, nesta idade, estariam em condições de alerta e perigo nos períodos da madrugada, dia e noite. Já no período da tarde na condição de emergência, de acordo com Nascimento et al. (2011). Na segunda semana de vida os valores médios encontrados, para os períodos madrugada (76,1), dia (77,8), tarde (78,5) e noite (75,6), seguem o mesmo comportamento da primeira semana. Nas outras cinco semanas seguintes o ITU médio ficou acima da faixa de conforto. De modo geral, os valores de ITU aumentaram até às 12:00 h e posteriormente reduziram até as 18:00 h tendo os seus valores máximos alcançados conforme as cartas de controle no período da tarde, durante todo o período de criação das aves. Desta forma, percebe-se que, nenhum período, durante toda a fase de criação das aves, os valores ITU estiveram dentro daqueles considerados de conforto.

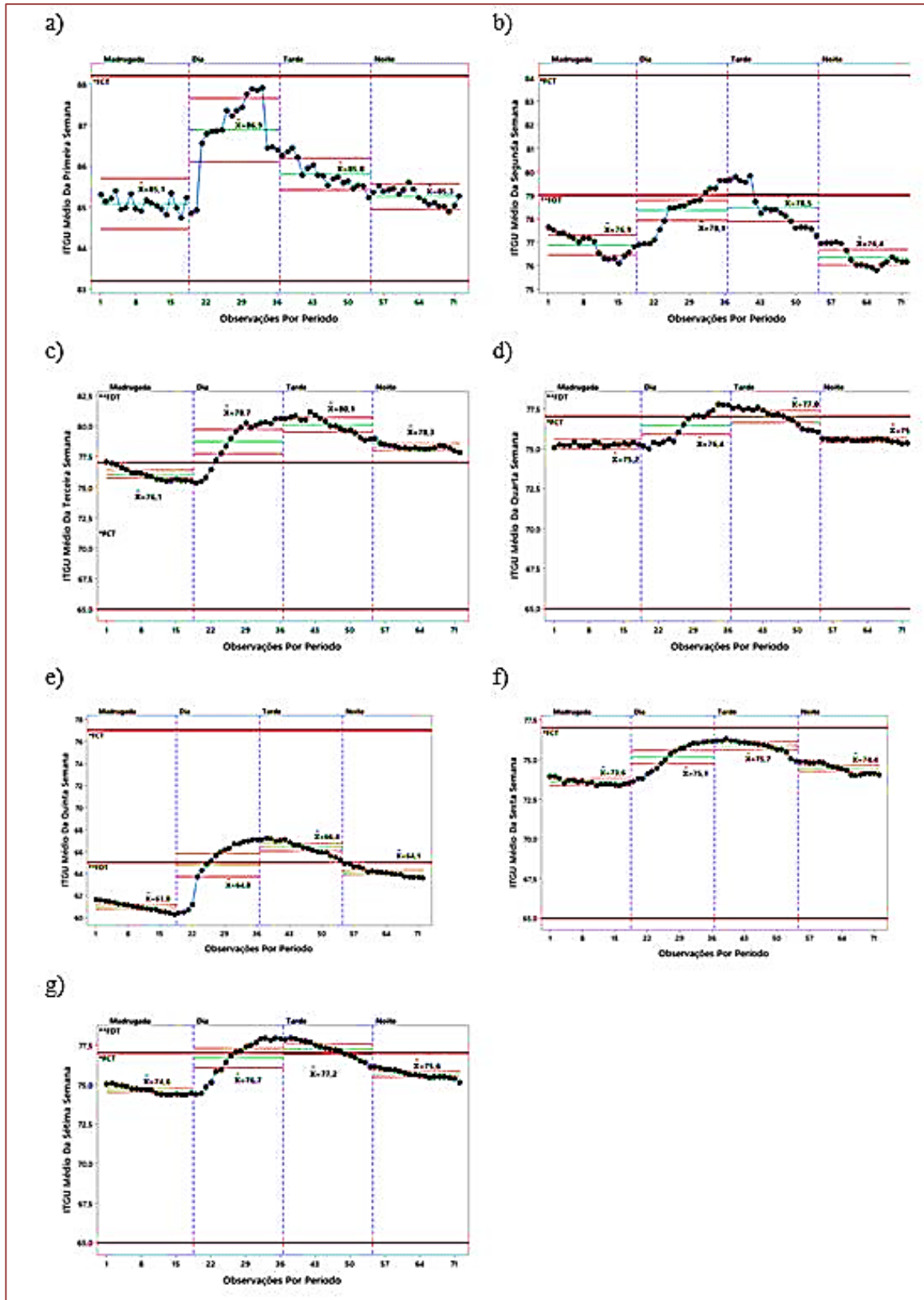
As médias do índice de temperatura e umidade de globo negro (ITGU) registrados durante todas as semanas de vida das aves no interior do galpão, constam na Figura 2. Nos primeiros 21 dias experimentais, os valores de ITGU observados variaram de 76,1 a 86,9 e dos 21 aos 49 dias, variaram de 61,0 a 77,2. O ITGU classificado como ideal varia de 83,2-88,2, conforme estabelecido por Nascimento et al. (2011). Dessa forma, pode-se perceber que as aves foram mantidas dentro da faixa de conforto térmico. Os dados obtidos na presente pesquisa estão de acordo com os valores obtidos em outros trabalhos utilizando o ITGU como referência para conforto térmico ambiental para produção de frangos de corte (JÁCOME et al., 2007). Jácome et al. (2007) também definiram que valores para ITGU variando de 65 a 77 representam conforto térmico para aves. O ITGU é considerado um índice mais completo, se comparado ao ITU, uma vez que incorpora em um único valor os efeitos da temperatura de bulbo seco, umidade relativa, radiação e velocidade do ar (BUFFINGTON et al., 1981).

Figura 1. Cartas de controle individual para o ITU médio obtido para aves da primeira semana (a), segunda semana (b), terceira semana (c), quarta semana (d), quinta semana (e), sexta semana (f) e sétima semana de idade (g), em São Cristóvão.



*Faixa de emergência. **Faixa de alerta e perigo. ***Faixa de conforto térmico.

Figura 2. Cartas de controle individual para o ITGU médio obtido para aves da primeira semana (a), segunda semana (b), terceira semana (c), quarta semana (d), quinta semana de idade (e), sexta semana de idade (f) e sétima semana de idade (g), em São Cristóvão.



*Faixa de emergência. **Faixa de alerta e perigo. ***Faixa de conforto térmico.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados encontrados para ITGU, o Laboratório de Metabolismo de Aves (LBMA) apresentou as condições ambientais ideais para o desenvolvimento adequado de frangos de corte. Com relação ao ITU, os valores mostraram-se inconsistentes em relação aos sugeridos pela literatura.

REFERÊNCIAS

- [1]. BUFFINGTON, D.E., COLLASSO-AROCHO, A., CANTON, G.H., PITT, D. Black globe-humidity index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. Transaction of the ASAE, American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, v.24, n.3, 1981.
- [2]. JÁCOME, I.M.T.D., FURTADO, D.A., LEAL, A.F., SILVA, J.H.V., MOURA, J.F.P. Avaliação de índices de conforto térmico de instalações para poedeiras no nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande/PB, v.11, n.5, p.527-531, 2007.
- [3]. NASCIMENTO, G.R., PEREIRA, D.F., NÁÁS, I.A., RODRIGUES, L.H.A., Índice fuzzy de conforto térmico para frangos de corte. Engenharia Agrícola, v. 31, n 2, p. 219- 229, 2011.

Capítulo 17

Avaliação de consumo específico de energia elétrica em um estábulo leiteiro no Noroeste do Paraná

Gislaine Silva Pereira

Eduardo David

Resumo: O objetivo da presente pesquisa foi avaliar o consumo específico de energia elétrica em uma unidade de produção de leite no Noroeste do Paraná. O estábulo leiteiro o qual foi instrumento de pesquisa, está localizado em zona rural no município de Rondon, PR. A região possui bioma do tipo Mata-Atlântica, altitude de 389 m em relação ao nível do mar e área total de 555,125 km² (IBGE, 2012). Para coleta dos dados energéticos foi utilizado um analisador de energia portátil modelo RE4000, fabricado pela Embrasul. Os valores das variáveis foram integralizados de 15 em 15 min. No total foram três períodos de cinco dias, resultando em 15 dias de coletas. No primeiro período de coleta, fez-se uso integral (100%) da resistência de imersão para aquecimento de água na lavagem da tubulação e equipamentos de ordenha. No segundo período a resistência de imersão foi utilizada apenas para aquecimento de água no período vespertino, simulando 50% de sua utilização. No terceiro período, não se fez uso da resistência de imersão, simulando 0% de utilização. Com os dados obtidos dos três períodos de coleta foi elaborado gráfico para os valores de consumo específico de energia elétrica. Com a retirada da resistência de imersão no processo produtivo houve uma diminuição de 67% no consumo específico de energia. A principal contribuição deste estudo reside na possibilidade da utilização de fontes alternativas para aquecimento da água de lavagem, refletindo assim na diminuição do consumo de energia elétrica no processo produtivo e conseqüente maior lucratividade do produtor.

Palavras-chave: Produção de leite, resistência de imersão, processo produtivo.

1. INTRODUÇÃO

A atividade leiteira é considerada principal fonte de renda das propriedades familiares no meio rural (DAL MAGRO et al., 2013), neste sentido, a agropecuária de gado de leite, consiste em um dos setores de maior importância ao agronegócio brasileiro, com grande peso sobre a economia do país (MAPA, 2014), sendo assim, o leite está entre os primeiros seis produtos com maior importância na economia, desempenhando um papel significativo na alimentação e também geração de emprego e renda para a população (ROCHA et al., 2010).

Com o passar dos anos, se verifica a melhoria em indicadores de produtividade leiteira provenientes de recursos necessários do processo produtivo (EMBRAPA, 2005), deste modo, a produção como atividade característica do meio rural, resultou em média no ano de 2014, mais de 35 bilhões de litros de leite, o que denotou um aumento de 2,7% comparado ao ano anterior (IBGE, 2015)

No estado do Paraná, a agropecuária leiteira, é caracterizada pela grande quantidade de pequenas propriedades atuadoras, e também sobre forte influência dos imigrantes europeus, o que favoreceu no desenvolvimento da produção leiteira no estado, estando presente em todos os municípios paranaenses (SANTOS et al., 2010). A atividade é considerada sazonal, sendo o clima um fator influenciador da produção de leite, em que os produtores buscam a realização de alimentação de qualidade e manejo adequado, visando minimizar os efeitos climáticos e a variação dos preços pelo mesmo fator (SEAB, 2015).

Neste âmbito, cabe ao produtor rural o conhecimento da situação real de sua propriedade assim como dos resultados provenientes de atividades desenvolvidas na mesma (DAL MAGRO et al., 2013), sendo necessário o conhecimento do produtor na ineficiência do uso de energia elétrica em seu processo produtivo, visto que atividades como resfriamento de leite e aquecimento de água tendem a ser considerados um dos maiores responsáveis pelo consumo total de energia elétrica em laticínios, contribuindo com em média mais de 40% de consumo desta (BALDASSIN JUNIOR, 2004). O pequeno agricultor assim como os demais, deve priorizar a racionalização de gastos no processo de produção, favorecendo em termos de obtenção de lucro na atividade, sendo os custos da atividade leiteira em sua composição são normalmente pagos com o dinheiro do leite vendido para os laticínios, podendo o preço cotado do litro de leite variar de acordo com a produção (CARLOTTO et al., 2011).

Sendo assim, com a necessidade de acompanhamento dos gastos no processo produtivo leiteiro em estábulo, o objetivo do presente trabalho é a determinação do consumo específico de energia elétrica no Noroeste do estado do Paraná.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estábulo leiteiro o qual foi instrumento de pesquisa, está localizado em zona rural no município de Rondon (Latitude: 23°25'17" S; Longitude: 52°46'10"), no noroeste do estado do Paraná. A região possui bioma do tipo Mata-Atlântica, com altitude de 389 m em relação ao nível do mar, abrangendo área total de 555,125 km² (IBGE, 2010).

A edificação em questão, dedica-se exclusivamente a produção de leite. O manejo realizado consiste na alimentação do gado com pastagem durante 9 meses, compreendidos por primavera, verão e outono. A ordenha na propriedade é realizada em dois horários: as 5:00 h da manhã e as 16:00 h. No primeiro horário ordenha-se todas as vacas da propriedade e no segundo horário, apenas os animais de maior produção. O leite ordenhado é transportado por canalização até o resfriador e posteriormente a um reservatório de passagem, o qual visa economia de energia elétrica, evitando o acionamento constante do motor de sucção, ou seja, quando este atinge seu nível máximo (30 L), ocorre a transferência do leite para o resfriador.

A limpeza do sistema de ordenha é realizada com o uso água aquecida por resistência de imersão. Para a limpeza do estábulo utiliza-se lavadora de pressão, sendo a sala de ordenha limpa diariamente, e a sala de espera dos animais duas vezes por semana. A retirada do leite do tanque é efetuada em intervalo de dois dias, sendo este encaminhado para o laticínio.

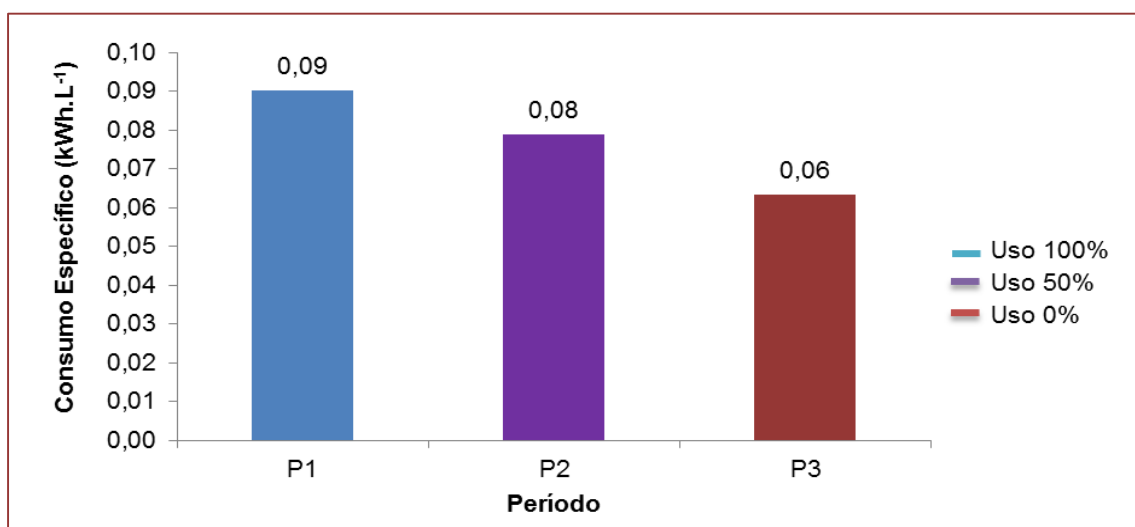
Para realização das análises, primeiro averiguou-se a parte física da instalação, verificando existência de quadro de distribuição; equipamentos utilizados no processo produtivo; iluminação e distribuição dos circuitos elétricos. Para coleta dos dados energéticos fez-se uso de um analisador de energia portátil, modelo RE4000, fabricado pela Embrasul. Os valores das variáveis de consumo específico, foram integralizados de 15 em 15 min, em três períodos de coletas com cinco dias cada.

No primeiro período de coleta, se fez o uso integral (100%) da resistência de imersão para aquecimento de água na lavagem da tubulação e equipamentos de ordenha. No segundo período a resistência de imersão foi utilizada apenas para aquecimento de água no período vespertino, simulando 50% de sua utilização. No terceiro período, não se utilizou a resistência de imersão, simulando 0% de utilização. Com os dados obtidos dos três períodos de coleta foi elaborado gráfico para os valores de consumo específico de energia elétrica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 1 representa o consumo específico de energia elétrica proveniente da atividade de produção leiteira em estábulo. Observou-se que com a retirada da resistência de imersão no processo produtivo houve uma diminuição de 67% no consumo específico de energia. Sendo um valor relativamente alto.

Figura 13. Consumo específico de energia elétrica em processo produtivo de estábulo leiteiro no noroeste do Paraná.



Mesmo com a utilização em metade do tempo da resistência de imersão, a não utilização do equipamento gera uma diminuição no consumo específico de energia elétrica de 2 kWh por litro de leite produzido, sendo um valor expressivo, que vem a influenciar no consumo final de energia.

Observa-se que com a retirada da resistência de imersão, ocorre uma variação de valores específicos do consumo de energia elétrica no processo produtivo. Pode-se afirmar que a retirada do equipamento para aquecimento de água no processo produtivo tende a causar uma diminuição no consumo mensal de energia elétrica, em contrapartida se tem a necessidade de utilização de água quente para higienização das tubulações e equipamentos de ordenha, sendo necessária a busca de equipamentos que resultem em maior rentabilidade do processo com menores gastos de energia elétrica.

Uma alternativa de utilização de método para aquecimento de água seria a implantação de um aquecedor solar de baixo custo (ASBC), para aquecimento parcial da água até a temperatura de atuação do equipamento, e posteriormente em curto período de tempo a inserção da resistência de imersão, o que vem a diminuir o consumo energético e conseqüentemente o custo do processo produtivo leiteiro.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A determinação de consumo específico de energia elétrica em estábulo leiteiro é de suma importância para a composição final do custo de produção. A possibilidade do uso de um ASBC para aquecimento da água de lavagem em substituição parcial ao uso de energia elétrica, constitui-se em alternativa viável para a diminuição dos custos de produção, contribuindo para o uso racional de energia elétrica no meio rural.

REFERÊNCIAS

- [1]. BALDASSIN JUNIOR, R.; CORTEZ, L.A.B.; JORDAN, R.A.; NEVES FILHO, L.C.; JUNIOR, J.L.; PACCO, H.C. Consumo de energia elétrica de um laticínio tipo "A" e estudo de racionalização do uso de energia elétrica nos processos de resfriamento de leite e aquecimento de água: um estudo de caso. Encontro Anual de Energia no Meio Rural, 2004. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC000000022004000100041&script=sci_arttext>. Acesso em 20 de Julho de 2017.
- [2]. CARLOTTO, I.; FILIPPI, J. A.; MARCELLO, I. E. Estudo da viabilidade da produção de leite em uma propriedade familiar rural do município de Francisco Beltrão, PR. Revista Ciências Empresariais UNIPAR, v. 12, n.1, Umuarama. jan./jun. 2011, p. 95-109.
- [3]. DAL MAGRO, C. B.; DI DOMENICO, D.; KLANN, R.; ZANIN, A. Contabilidade rural: comparativo na rentabilidade das atividades leiteira e avícola. Custos e agronegócios *online*, v. 9, n.1, Recife, PE, 2013.
- [4]. EMBRAPA, Produção de Leite. Sistema de produção de leite com recria de novilhas em sistemas silvipastoris. Sistema de Produção, n.7, dezembro. 2015.
- [5]. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Município de Rondon. 2010.
- [6]. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal de 2014, v. 42. Rio de Janeiro, RJ, 2015.
- [7]. MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano Mais Pecuária. Assessoria de Gestão Estratégica, Brasília, DF, 2014.
- [8]. ROCHA, R.; NOGUEIRA, R. S.; CUNHA, B. C.; MESSIAS, M.; SIQUEIRA, W.; LIMA, R.; SOUZA, L.; OLIVEIRA, M. Bovinocultura de Leite. Desenvolvimento Regional Sustentável, v. 1, Fundação Banco do Brasil, Brasília, setembro de 2010, 57p.
- [9]. SANTOS G, T.; MASSUDA, E. L.; KAZAMA, D. C.; JOBIM, C. C.; BRANCO, A. F. Bovinocultura leiteira. Bases zootécnicas, Fisiológicas e de produção, Eduem Maringá, 2010. 381p.
- [10]. SEAB. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Análise da Conjuntura Agropecuária. Ano 2014/15

Autores

EZEQUIEL REDIN (ORGANIZADOR)

Professor Adjunto do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e Vice-Coordenador do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Estudos Rurais). Membro da Academia Centro Serra de Letras, ocupando a cadeira n. 21. Membro dos Comitês de avaliação da FAPERGS/RS, FAPESC/SC e FAPITEC/SE. Editor do Periódico Extensão Rural (Santa Maria). Tesoureiro da Associação Riograndense dos Tecnólogos (ARTECNOL). Formado na licenciatura do Programa Especial de Graduação de Formação Pedagógica de Professores (PEG/UFSM - 2012-2013). Formado no curso de Filosofia - Licenciatura (UFSM - 2016-2019). Formado no Mestrado em Extensão Rural (2009-2011). Formado na Pós-graduação em Gestão Pública Municipal (2010-2011). Formado na Pós-graduação em Tecnologias de Informação e Comunicação aplicadas à Educação (UFSM - 2013-2014). Formado na Pós-graduação em Ensino de Sociologia no Ensino Médio (2014-2015). Formado na Pós-graduação em Ensino de Filosofia no Ensino Médio (2017-2018). Doutorado em Extensão Rural pelo Programa de Pós-graduação em Extensão Rural (2011-2015). Foi o criador da Pós-graduação Lato Sensu e Coordenador do Curso de Pós-graduação em Agronegócios da Faculdade Metodista de Santa Maria (2017-2018). Foi Coordenador do Curso de Administração (2018-2018). Foi Coordenador do Curso de Ciências Contábeis (2018-2018). Foi Assessor da Pós-graduação da Faculdade Metodista de Santa Maria (2017-2018).

ADILSON MACHADO ENES

Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (2004), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (2006) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (2011). Atualmente é professor efetivo da Universidade Federal de Sergipe. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, atuando principalmente nos seguintes temas: biospeckle, laser e processamento de imagens na agricultura.

ALEX SOARES SILVA

Graduando em Engenharia Florestal, na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL.

ALEXANDRE GOMES DE SOUZA

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Graduado em Agronomia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)

ALEXANDRE REUBER ALMEIDA DA SILVA

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)/ Campus Iguatu. Graduado em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre e Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem pela mesma instituição. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em uso e manejo dos recursos naturais solo e água.

AMILCAR BAIARDI

Professor titular aposentado da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Prêmio Jaboti (1997), membro da Academia Brasileira de Ciência Agrônoma e membro fundador da Academia de Ciências da Bahia. Doutor em Economia pela UNICAMP (1986), Mestre em Desenvolvimento Rural pela UFRRJ (1979) e engenheiro agrônomo pela UFBA (1964). Atua há mais de 40 anos na área de desenvolvimento rural.

ANA ISABELLA GUIMARÃES FERREIRA

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Atualmente é discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (UFLA) com ênfase em geotecnologias.

ANA KESIA FARIA VIDAL

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Graduada em Agronomia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)

ANDRÉ LUIZ DE REZENDE CARDOSO

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (1996) e mestrado em Ciências Biológicas, área de concentração em Botânica Tropical pela Universidade Federal Rural da Amazônia/ Museu Paraense Emílio Goeldi (2014). Atualmente é Consultor Ambiental atuando nos seguintes temas: Amazônia, desenvolvimento sustentável, desenvolvimento comunitário, unidades de conservação, taxonomia de angiospermas, diversidade florística, inventários florísticos, ecologia e propagação de plantas.

AURÉLIO LIMA BARRETO

Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Sergipe (1998), com especialização em Sistemas de Informação (2001) Tem experiência na área de Robótica, Mecatrônica e Automação, com ênfase em Arduino, além de projetos, modelagem e impressão 3D

BENEDITO FERNANDES DE SOUZA FILHO

Engenheiro Agrônomo e Pesquisador do Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos (CEPAAR) da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio)

BIANCA RODRIGUES BEZERRA

Graduanda em engenharia de produção na Universidade Nove de Julho.

CAICK MARCELO ROSA MARTINS

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA - (2016). Especialista em Extensão Rural, Sistemas Agroalimentares e Ações de Desenvolvimento pela Universidade Federal do Pará-UFPA - (2017). Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE-(2019). Atualmente é doutorando no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP - (2019-2022).

CARLOS NEWDMAR VIEIRA FERNANDES

Professor Efetivo do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus Iguatu. Engenheiro Agrônomo, pela Universidade Federal do Ceará (2010) tendo concluído o curso com a distinção acadêmica Magna Cum Laude. Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (2012), com área de concentração em Irrigação e Drenagem. Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará, também com área de concentração em Irrigação e Drenagem (2015). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Engenharia Agrícola/ Irrigação e Drenagem, atuando principalmente nas áreas de

Manejo da Irrigação, Qumigação, Fertirrigação, Agrometeorologia, Necessidade Hídrica das Culturas, Biofertilização e Fertilidade do Solo.

CAROLINE WAGNER

Possui Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Santa Maria (2006), Mestrado e Doutorado em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela Universidade Federal de Santa Maria (2007) Atualmente é professora Associada da Universidade Federal do Pampa, onde atua como professora permanente do Programa de Pós Graduação em Tecnologia Mineral e como colaboradora no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (Mestrado profissional em Ensino de Ciências). Atua principalmente nos seguintes temas: Toxicologia Ambiental e Ensino de Ciências.

CLAUDSON OLIVEIRA BRITO

Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2002), mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (2003) e doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa (2007). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Sergipe. Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Avaliação de Alimentos para Animais, atuando principalmente nos seguintes temas: avicultura, aminoácidos, desempenho, digestibilidade e aves de postura.

CRISTIANE MATOS DA SILVA

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2005), Especialização em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA/CESI), (2011), Mestra em Engenharia de Barragem e Gestão Ambiental (NDAE/UFPA), (2019), Doutoranda em Ciência e Tecnologia Ambiental (UNIVALI) Tem experiência na área de Engenharia Agrícola e Agronomia, com ênfase em Hidráulica, Irrigação, Drenagem, Paisagismo, Parques, Jardins e gestão ambiental. Atualmente exerce o cargo de Professora Assistente I, no Centro de Ciências Agrárias - Campus Imperatriz, no curso de Engenharia Florestal sendo responsável pela área de Hidráulica e Hidrologia Florestal.

DAVI SOUZA DE SANTANA

Engenheiro Agrícola graduado pela Universidade Federal de Sergipe.

DOUGLAS ROMEU DA COSTA

Possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (2004), Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2006), Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2010) e Pós-Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2012). Possui experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Energização Rural, atuando principalmente nos seguintes temas: energização rural, secagem de grãos, secagem de café, desenvolvimento de geradores de energia térmica.

EDSON IGLESIAS

Bacharel em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Sergipe (2020) Mestrando em Recursos Hídricos pelo PRORH, Universidade Federal de Sergipe

EDSON PATTO PACHECO

Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Lavras (1989), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1993), doutorado em Ciências do Solo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2010) e pós-doutorado em

Agricultura de Precisão pela Colorado State University (2016). Foi professor da Universidade do Tocantins (1994-1998). Ingressou como pesquisador na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pela Embrapa Acre (1998-2002), é pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros desde 2002. Tem experiência na área de engenharia agrícola e ciência do solo, com ênfase em mecanização agrícola/manejo e conservação do solo, atuando principalmente nos seguintes temas: plantio direto, física do solo, compactação do solo e uso de imagens aéreas para recomendação de adubação nitrogenada. Em 2014 iniciou no projeto de cooperação Petrobras/Embrapa (Misturas Homogêneas de Ureia) como coordenador do GT Milho, sendo coordenador geral do projeto a partir de 2016. Em 2017 iniciou a coordenação de um grupo de trabalho sobre agricultura de precisão para o SEALBA, com parceria entre a Embrapa Tabuleiros Costeiros e empresas da iniciativa privada.

EDUARDO DAVID

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade de Taubaté (1990), Mestrado (2007) e Doutorado (2011) em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas. Atualmente Professor Dr. na Universidade Estadual de Maringá, Campus do Arenito. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Engenharia Agrícola, atuando nas áreas de Construções Rurais e Ambiente, Conservação e Uso Racional de Energia Elétrica em Atividades e Processos Agroindustriais, Eficiência Elétrica no meio Rural e Instalações Elétricas Rurais.

EDVALDO FIALHO DOS REIS

Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1985), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1990) e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (1999). Atualmente é professor Titular da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Engenharia de Água e Solo, atuando principalmente nos seguintes temas: irrigação, gestão da agricultura irrigada e déficit hídrico. Também tem experiência em estatística aplicada à experimentação.

EMANUEL MARETO EFFGEN

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. e D.Sc em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo. Servidor Público Estadual efetivo e estável do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Espírito Santo - IDAF, onde exerce o cargo de Agente em Desenvolvimento Agropecuário. Atualmente atendo as demandas do Departamento de Recursos Naturais Renováveis - DRNRE do IDAF, responsável pela área de abrangência do Regional de Cachoeiro de Itapemirim, correspondente a 27 municípios do sul do estado. Pesquisador do Idaf no Projeto de Pesquisa "Impactos de diferentes modelos de sistemas silvipastoris nos atributos químicos e físicos do solo" com financiamento da FAPES, e orientador de projetos de Iniciação Científica

ESDRAS DA SILVA SANTOS

Eng. Agrônomo

EUGÊNIO PACELI DE MIRANDA

Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal do Ceará (1993), mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (1998) e Doutorado em Agronomia: Irrigação e Drenagem pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (2016) Atualmente é professor titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - Campus Iguatu - CE. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Irrigação, atuando principalmente nos seguintes temas: irrigação, hidráulica, irrigação localizada, precipitação e radiação solar.

FÁBIO DA SILVA MELO

Eng. Agrônomo

FELIPE TAVARES LIMA

Engenheiro Florestal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco e mestrando em Microbiologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Desenvolve trabalhos principalmente nas áreas de: Silvicultura, taxonomia de macrofungos, diversidade e cultivo de cogumelos comestíveis e medicinais, microbiologia florestal, microbiologia do solo e micorrizas.

GILBENES BEZERRA ROSAL

Graduado em Tecnologia em Irrigação e Drenagem pelo IFCE campus Iguatu (2019) e Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará (2021). Bolsista de inovação tecnológica da FUNCAP no convênio FUNCAP/ADECE/CEDET desde 06/2021, atuando como pesquisador com atividades relacionadas ao cultivo de plantas em ambiente protegido.

GIOVANNI DE OLIVEIRA GARCIA

Possui GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA pela Universidade Federal do Espírito Santo (2001), MESTRADO (2003) E DOUTORADO (2006) EM ENGENHARIA AGRÍCOLA pela Universidade Federal de Viçosa. Concluiu o PÓS-DOUTORADO na Universidade Federal do Espírito Santo. Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal do Espírito Santo. Desenvolve pesquisas nas áreas de Agronomia e Engenharia Agrícola, onde atua nas seguintes linhas de pesquisa: REÚSO AGRÍCOLA DE EFLUENTES AGROPECUÁRIOS, FERTIRRIGAÇÃO e QUALIDADE DA ÁGUA NA AGRICULTURA.

GISLAINE SILVA PEREIRA

Engenheira Agrícola pela Universidade Estadual de Maringá (2012-2017), Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina (2017-2019), Doutoranda em Eng. de Sistemas Agrícolas pela Universidade de São Paulo, Esalq/USP (2019-Atual).

HEMELYN SOARES DAS CHAGAS

Engenheira Agrônoma formada pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA - 2018). Possui curso Técnico Florestal pelo IFPA (2012). Foi voluntária do Núcleo de Estudos em Educação e Agroecologia do IFPA. Foi Bolsista de Iniciação Científica do Museu Paraense Emílio Goeldi (2013-2016); Atuou como bolsista no projeto "Sócio ecologia e tecnologia da ostreicultura do nordeste paraense, realizando levantamento florístico em área de manguezais (IFPA - 2017). Mestre em Agronomia, pelo programa de pós graduação da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA- Belém), atuando na linha de pesquisa de Química do solo, com ênfase em Recuperação de Áreas Degradadas (RAD). Possui experiência na área de laboratório de sementes, viveiro de mudas, sistemas agroflorestais, manejo florestal comunitário e empresarial, manejo florestal de impacto reduzido, extensão rural e inventário florístico.

IBERÊ MARTÍ MOREIRA DA SILVA

Possui graduação em Engenharia Florestal (2009) pela Universidade Estadual de Mato Grosso (UNEMAT), mestrado (2013) em Ciências Florestais, Sistemas Agroflorestais pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) e doutorado (2017) em Agronomia, Plantas Medicinais e Aromáticas e Condimentares pela Universidade Federal de Lavras (UFLA).

INÊS ROEDER NOGUEIRA MENDES

Eng^a. Agrônoma e Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola

JACQUELINE DE OLIVEIRA

Graduanda em Engenharia Florestal, na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL.

JESSICA FERREIRA ROHDEN

Engenheira Florestal e Agrônoma pela UFV, atualmente atua como Inbound Logistics Specialist na Jacobs Douwe Egberts em Utrecht, Países Baixos

JOÃO PAULO ASCARI

Eng. Agrônomo e Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola

JOÃO PEDRO VIANNA BRAGA

Profissional graduado em Bioquímica na Universidade Federal de Viçosa (UFV), técnico em Química pelo IFET Sudeste MG e atualmente mestrando em Bioquímica Aplicada (UFV), cursando pós-graduação *latu sensu* em Controle da Qualidade na Indústria Química em paralelo. Desenvolvi, ao longo de minha formação, pesquisas na área de bioprospecção, biologia molecular, micropropagação, sequenciamento de genoma e atualmente com produção de nanopartículas com propriedades antibacteriana e antibiofilme.

JUSIMARA ANDRADE SANTOS

Engenheira Agrícola graduada pela Universidade Federal de Sergipe.

KAREN ANDREON VIÇOSI

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo (2017) e mestrado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual de Goiás (2019). Doutoranda em Agronomia pela Universidade Federal do Espírito Santo

LARISSA JAINA DA SILVA DE OLIVEIRA

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Graduada em Agronomia pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

LÍBIA GÓIS

Possui graduação em Engenharia Florestal (2011) pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) e especialização em Questão Agrária, Agroecologia e Agroindustrialização (2014) pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

LÍDIA MARIA GÓIS

Possui graduação em Ciências Econômicas (2013) pela Universidade Federal de São João del Rei (UFSJ).

LIGIANE APARECIDA FLORENTINO

Graduação em Agronomia, Mestrado em Microbiologia Agrícola, Doutorado em Ciência do Solo (área de concentração: Microbiologia e Bioquímica do Solo) e Pós Doutorado em Microbiologia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Microbiologia do Solo.

MÁRCIA MARTINS

Possui graduação em Engenharia Agrônômica pela Escola Superior de Agricultura de Lavras (1994), mestrado (1997) e doutorado (2003) em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) e pós-doutorado (2007) em Fitotecnia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atualmente é professora associada II na Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agroecologia, atuando principalmente nos seguintes temas: manejo e tratos culturais, agricultura orgânica, agricultura familiar.

MARCOS ANTONIO VIEIRA BATISTA

Possui graduação em Licenciatura Em Ciências Agrícolas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1990), mestrado em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2000) e doutorado em Fitotecnia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (2011). Atualmente é professor do IFCE campus Iguatu. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Fertilidade do Solo e Adubação, atuando principalmente nos seguintes temas: merremia aegyptia, calotropis procera, lactuca sativa l., raphanus sativus e senna uniflora.

MARCOS VINICIUS SOUZA CHAVES

Engenheiro Agrícola graduado pela Universidade Federal de Sergipe.

MARIA CLOTILDE MEIRELLES RIBEIRO

DSc em Administração (UFBA), doutorado Sandwich na University of Toronto (Canadá) junto ao Innovation Policy Lab, Professora Adjunta IV da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), da Pós-Graduação junto ao Programa de Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido e da Graduação junto ao Curso de Administração.

MARIA DAS GRAÇAS FERRAZ BEZERRA

Graduação em Filosofia pela Universidade Federal do Pará. Especialização em Política Internacional de Ciência e Tecnologia pelo Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da UFPA. Mestrado em Ciência Política (Ciência Política e Sociologia) pela Sociedade Brasileira de Instrução - SBI/IUPERJ. Doutorado em Ciências Sociais pela Universidade Federal do Pará, área de concentração Antropologia. Analista em ciência e tecnologia sênior do Museu Paraense Emílio Goeldi/MCTI. Atua na área de Ciência Política, com ênfase em Políticas Públicas, principalmente nos seguintes temas: Amazônia, conhecimentos tradicionais, inovação e transferência de tecnologia, biodiversidade e biotecnologia. Coordenadora para a Região Norte do Fórum de Gestores de Inovação Tecnológica (FORTEC 2010~março 2012). Membro do Conselho Técnico-Científico do Museu Paraense Emílio Goeldi (2008~2010). Chefe da Estação Científica Ferreira Penna no período 2009~2013 (Portaria MCT 944/2009). Membro do Conselho Consultivo da Floresta Nacional de Caxiuanã, no período 2009~2013. Coordenadora do Arranjo de Núcleos de Inovação Tecnológica Amazônia Oriental MCTI (REDENAMOR). Coordenadora do Núcleo de Inovação Tecnológica da Amazônia Oriental, do Museu Goeldi, a partir de 01 de fevereiro de 2012 designada pela OI 004/2012. Professora colaboradora do Curso de Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia (BIONORTE), disciplina Bionegócios e Marcos Regulatórios em Biotecnologia. Orientadora de doutorado no referido curso. Membro titular do Conselho Superior do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPa) no período 2015~2016. Membro do Conselho Técnico Científico do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) - Portaria MCTI no. 666, de 5 de agosto de 2015, no período de agosto de 2015 a dezembro de 2017. Diretora Técnica da Associação Fórum Nacional de Gestores de Inovação e Transferência de Tecnologia (FORTEC) gestão 2014~2016, reconduzida até 2018. Representante do FORTEC na Comissão Acadêmica Nacional do PROFNIT

MARIANA DIAS MENESES

Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Sergipe (2021). Foi bolsista de iniciação de científica, voluntária (2018-2019) e remunerada/CNPq (2019-2020). Atualmente é mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela UNESP, Campus de Jaboticabal/SP. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Máquinas e Implementos Agrícolas, AutoCad e SolidWorks.

MARIO VIANA PAREDES FILHO

Graduação em Engenharia Mecânica, Mestrado em Sistemas de Produção na Agropecuária, Doutorado em Agricultura Sustentável pela Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS). Tem experiência na área de Segurança do Trabalho, com ênfase em Análise de Riscos.

MAXWEL RODRIGUES NASCIMENTO

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Bacharel em Agronomia pelo Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

MIRIANE DE ALMEIDA STOCK

Graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal do Pampa e Engenharia de Segurança do Trabalho- Universidade Santo Amaro (UNISA). Atualmente atua profissionalmente na área de Engenharia Ambiental e Sanitária.

PABLO MURTA BAIÃO ALBINO

Professor da Universidade Federal de Viçosa. Graduado em Administração com Habilitação em Administração de Cooperativas, Especialista em Gestão do Desenvolvimento Local, Doutor em Sistemas Flexíveis de Gestão e Pós Doutor em Economia Aplicada.

PATRICIA DE AZEVEDO CASTELO BRANCO DO VALE

Doutora em Ciência Animal, com ênfase em Nutrição e Produção de Monogástricos, pela Universidade Estadual do Norte Fluminense (2009). Graduada em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras (2001). Mestre em Nutrição de Monogástricos/ suínos pela Universidade Federal de Lavras (2003). Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Nutrição de Monogástricos e Ruminantes. Atualmente é Professora Efetiva Adjunto-A na Universidade Federal de Sergipe, atuando no Núcleo de Zootecnia do Campus Sertão, lecionando Ciência do Bem estar animal, Produção de Pescados e Nutrição de cães e gatos

PAULO RICARDO DOS SANTOS

Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Mestre em Agronomia (Melhoramento Genético de plantas) pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

PEDRO SÁVIO ALVES FERREIRA

Graduando em Engenharia Florestal, na Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL.

RAFAEL SOUZA FREITAS

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Graduado em Zootecnia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)

RODOLFO FERREIRA MOURA

Graduando de Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Sergipe

ROGÉRIO FIGUEIREDO DAHER

Professor Associado da área de Experimentação Agropecuária do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da UENF. Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Mestre em Genética e Melhoramento pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Graduado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)

SILVINO AMORIM NETO

Engenheiro Agrônomo e Pesquisador do Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos (CEPAAR) da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio)

WANESSA FRANCESCONI STIDA

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Graduada em Agronomia pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)

WELINGTON GONZAGA DO VALE

Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (2001), mestrado (2007) e doutorado (2011) em Produção Vegetal com ênfase em Mecanização Agrícola pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Trabalhou como professor no CT/ITAC da EPAMIG/Pitangui-MG. Trabalhou como Engenheiro Agrícola Trainee na área de armazenamento de grãos e qualidade total. Trabalhou também como consultor de vendas de tratores, implementos e máquinas agrícolas. Trabalhou como professor na UFMT, Campus Sinop (2011-2017). Orientou estudantes em nível de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia do ICAA/UFMT/Campus Sinop. Foi chefe do departamento e coordenador do curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Sergipe (UFS), no período de 08/05/2018 a 07/05/2020. Trabalha na área de Mecanização Agrícola. Atualmente é professor Associado II. Tem experiência na área de Mecanização Agrícola, com ênfase em Engenharia Agrícola, atuando principalmente nos seguintes temas: mecânica e mecanização agrícola, avaliação de máquinas agrícolas, projeto, otimização de máquinas, produção vegetal, agricultura de precisão, zootecnia de precisão e automação agrícola.

WILLIAN MARQUES DUARTE

Eng. Agrônomo e Mestre em Ciência do Solo

WILSON ARAÚJO DA SILVA

Possui curso Técnico em Edificações pelo CEFET/MA (1994), graduação em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2001), Mestrado em Fitotecnia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2003) e Doutorado em Agronomia

AUTORES

(Ciências do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2007). Tem experiência na área de Engenharia Agrícola e Agronomia, com ênfase em Irrigação e Drenagem, atuando principalmente nos seguintes temas: Solos, Irrigação, SIG, Desenho e Projeto Auxiliado por computador (CAD), Produção Vegetal, coeficiente de cultivo, Manejo e conservação do Solo e da água, Agricultura irrigada e lâmina de irrigação, Agrometeorologia e Paisagismo. Professor Adjunto IV e coordenador de Infraestrutura da UEMASUL.

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br

@editorapoisson



<https://www.facebook.com/editorapoisson>

