

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –
CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA – PPGOL

INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO,
POTENCIAL ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANO EM PIMENTA ‘CAYENNE’
(*Capsicum annum*)

Autora: Rosangela Coelho Quintana
Orientadora: Dra. Clarice Aparecida Megguer
Coorientador: Dr. Emerson Trogello

Morrinhos-GO
2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –
CAMPUS MORRINHOS

PRÓ-REITORIA PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA – PPGOL

INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO,
POTENCIAL ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANO EM PIMENTA ‘CAYENNE’
(*Capsicum annum*)

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos – Área de Concentração: Olericultura.

MORRINHOS – GO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

Q7i Quintana, Rosangela Coelho.
Influência da adubação no crescimento e desenvolvimento, potencial antioxidante e antimicrobiano em pimenta 'Cayenne'(Capsicum annum) em resposta a adubação. / Rosangela Coelho Quintana. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2020.
66 f. : il. color.

Orientadora: Dra. Clarice Aparecida Megguer
Coorientador: Dr. Emerson Trogello.
Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2020.

1. *Capsicum annum*. 2. Compostos Bioativos. 3. Nutrição Mineral. I. Megguer, Clarice Aparecida. II. Trogello, Emerson. III. Instituto Federal Goiano. IV. Título.

CDU 633.841

Fonte: Elaborado pela Bibliotecária-documentalista Morgana Guimarães, CRB1/2837

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia – Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional Tipo:

Nome Completo do Autor: ROSANGELA COELHO QUINTANA

Matrícula: 2018204330410048

Título do Trabalho: INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO, POTENCIAL ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANO EM PIMENTA 'CAYENNE' (*Capsicum annuum*)

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 19/01/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

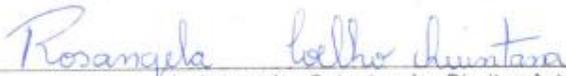
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

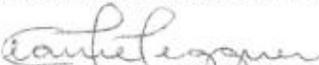
O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos, 19 de janeiro de 2021.


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Formulário 11/2020 - SGPGPI-MO/GPGPI-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO, POTENCIAL
ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANO DE PIMENTA 'CAYENNE' (*Capsicum annum*)

Autora: Rosangela Coelho Quintana

Orientadora: Clarice Aparecida Megguer

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura - Área de Concentração em Sistema de
Produção em Olerícolas.

APROVADA em 30 de outubro de 2020

Prof^ª. Dr^ª. Clarice Aparecida Megguer

Presidente da Banca

IF Goiano - Campus Morrinhos

Prof^ª. Dr^ª. Fernanda Salamoni Becker

Avaliadora Externa
Universidade Federal de Goiás - UFG

Prof^ª. Dr^ª. Livia do Carmo Silva
Avaliadora Externa
Universidade Federal de Goiás - UFG

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fernanda Salomoni Becker, Fernanda Salomoni Becker - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal de Goiás (01567601000143)**, em 11/01/2021 12:30:23.
- **Livia do Carmo Silva, Livia do Carmo Silva - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano (1)**, em 01/12/2020 21:25:57.
- **Clarice Aparecida Megguer, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 04/11/2020 09:03:49.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/10/2020. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 203815

Código de Autenticação: 7234b231d6



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Morrinhos
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, None, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000
(64) 3413-7900

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre me deu forças nos momentos de maiores tribulações.

Ao meu esposo e filho, pela parceria, compreensão e paciência.

A minha querida sogra Anita Furlan (*in memoriam*), pelo amor ao meu filho.

A minha mãe, a minha irmã e a minha querida sobrinha.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, por conceder essa grande oportunidade.

A minha querida professora e orientadora Clarice Aparecida Megguer e ao professor Emerson Trogello, pela admirável paciência, compreensão, conhecimento, orientação, humildade e confiança em realizar este trabalho juntos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Olericultura, pelas contribuições e ensinamentos.

A minha querida professora Fernanda Becker.

Ao Instituto IFB pelos fertilizantes doados e pelo apoio profissional de seus funcionários.

A ISLA sementes, pela doação das sementes utilizadas.

A professora do IPTSP/UFG, Lilian Carla Carneiro pelos microrganismos.

A minha querida amiga Alessandra Tomé por todo apoio e paciência.

A minha querida amiga Lívia pelo imenso carinho.

As minhas queridas amigas Stephany, Rany e Grazy.

Aos colegas: Wallace, Rhayf, Divina, Beatriz, Ricardo, Ariane, Rosyane e a todos os colegas de mestrado pelo companheirismo e convivência.

Aos funcionários do Instituto Federal Goiano em especial ao Tales e a Karina.

Enfim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para o alcance deste sonho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Rosângela Coelho Quintana, filha de Delzuita Florisbela Coelho Quintana e Virgílio da Cunha Quintana (*in memoriam*). Nasceu no dia 22 do mês de outubro de 1978 em Porangatu – Goiás. Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Goiás no ano de 2006; Especialista em Processamento e Controle de Qualidade de Carne, Leite e Ovos pela Universidade Federal de Lavras no ano de 2009; graduada em Tecnologia em Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano em 2017. Ingressa no Programa de Pós-Graduação em Olericultura no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos no ano de 2018, com conclusão em 2020.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	11
ABSTRACT.....	13
1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Cultura da Pimenta.....	15
2.1.1 Aspectos botânicos e fisiológicos	15
2.1.2 Capsicum annum e Pimenta Cayenne	15
2.1.3 Aspectos nutricionais	17
2.2 Compostos Bioativos	17
2.2.1 Metabolismo Secundário.....	17
2.2.2 Compostos Fenólicos	19
2.2.3 Substâncias antioxidantes.....	21
2.3 Atividades antimicrobianas em extrato de pimentas.....	22
2.3.1 Staphylococcus aureus	23
2.3.2 Escherichia coli	24
2.3.3 Salmonella enterica	25
2.3.4 Bacillus cereus	26
2.3.5 Xanthomonas perforans	26
2.4 Nutrições minerais.	27
2.4.1 Nitrogênio	27
2.4.2 Fósforo	28
2.4.3 Potássio	28
2.4.4 Organomineral	29
2.4.5 Orgânico Esterco bovino.....	30
3.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
CAPÍTULO I.....	40

RESUMO	41
ABSTRACT	41
1. INTRODUÇÃO	43
2 . MATERIAL E MÉTODOS	44
2.1 Condições experimentais e obtenção do material vegetal.....	44
2.3 Análises estatísticas.....	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4. CONCLUSÃO	52
CAPÍTULO II	56
RESUMO	56
ABSTRACT	57
1. INTRODUÇÃO	58
2. MATERIAL E MÉTODOS	59
2.1 Condições experimentais e materiais vegetais	59
2.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	59
2.3 Obtenção e preparação das pimentas	59
2.4 Obtenção do extrato hidroetanólico	60
2.5 Determinação dos compostos fenólicos totais	60
2.6 Atividade antioxidante	61
2.8 Dosagem de Antocianinas.....	62
2.9 Atividade Antimicrobiana:.....	63
CONCLUSÃO GERAL	71

RESUMO

QUINTANA, ROSANGELA COELHO. Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, outubro de 2020. Influência da adubação no crescimento e desenvolvimento, potencial antioxidante e antimicrobiano em pimenta ‘Cayenne’ (*Capsicum annum*). Orientadora: Clarice Aparecida Megguer e coorientador: Emerson Trogello.

O interesse por compostos naturais, com atividade biológica aumentou no início do século XXI e permanece crescendo até hoje, devido aos benefícios vinculados ao consumo dessas substâncias para a saúde, para a indústria alimentícia e farmacêutica. Objetivou-se com este trabalho avaliar a atividade antioxidante, a atividade antimicrobiana e os compostos bioativos em pimenta ‘Cayenne’ (*Capsicum annum*) fertilizadas com adubação mineral, orgânica e organomineral. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso e composto por cinco tratamentos (T1-Controle, T2-NPK, T3-Esterco Bovino, T4 -Bioativo e T5-BIOEF). Cada tratamento foi composto por cinco repetições. Aos 30, 60 e 90 dias após o transplântio foram determinadas as características de crescimento: altura planta, diâmetro de caule, número de folhas, número de frutos, índice SPAD, massa seca e trocas gasosas, avaliando a fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (g_s), relação entre a concentração interna e externa de carbono ($C_i:C_a$) e a eficiência do uso da água (EUA). Para as avaliações dos metabólitos secundários e potencial antioxidante e antimicrobiana os frutos de pimenta foram colhidos com coloração da epiderme totalmente vermelha. Após a colheita os frutos foram higienizados, secos a 40°C e posteriormente triturados em moinho de facas. Na sequência foi preparado o extrato hidroetanólico e realizadas as análises de compostos fenólicos a atividade antioxidante *in vitro*; pelos métodos de captura de radicais ABTS, DPPH e RAP; a atividade antimicrobiana pelo método de difusão em ágar com

cinco bactérias (*Escherichia coli* 25922, *Salmonella spp* 10708, *Staphylococcus aureus* 24579, *Bacillus cereus* e *Xanthomonas perforans*), quantificação de antocianinas e ácido ascórbico. Os resultados demonstram que a adubação com esterco bovino e BIOEF influenciaram positivamente nas trocas gasosas e crescimento das plantas de pimenta. A pimenta ‘Cayenne’ possui altas concentrações de compostos fenólicos, antioxidantes, antocianinas e ácido ascórbico.

Palavras-chave: *Capsicum annuum*, compostos bioativos, organomineral, nutrição mineral.

ABSTRACT

QUINTANA, ROSANGELA COELHO. Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, October 2020. I Antioxidant and antimicrobial potential in 'Cayenne' pepper (*Capsicum annuum*) in response to fertilization Advisor: Clarice Aparecida Megguer and Co-Advisor: Emerson Trogello.

The interest in natural compounds with biological activity increased at the beginning of the 21st century and continues to grow to this day, due to the benefits due to these substances consumption for health as well as for food and pharmaceutical industry. This study was carried out to evaluate antioxidant activity, antimicrobial activity and bioactive compounds in 'Cayenne' pepper (*Capsicum annuum*) that were fertilized with mineral, organic and organomineral fertilization. The experiment was carried out in randomized blocks and consisted of five treatments (T1-Control, T2-NPK, T3-Bovine Manure, T4 -Bioactive and T5-BIOEF). Each treatment consisted of five replicates. At 30, 60 and 90 days after transplanting, the growth characteristics were determined: plant height, stem diameter, number of leaves, number of fruits, SPAD index, dry mass and gas exchange where photosynthesis (A), transpiration (E), steamatic conductance (g_s), relationship between internal and external carbon concentration ($C_i:C_a$) and water use efficiency (WUE) were evaluated. To evaluate the primary, secondary metabolites and antioxidant and antimicrobial potential, pepper fruits were harvested with totally red epidermis coloration. After harvest the fruits were sanitized, dried at 40°C and then milled in a knife mill. Then the hydroalcoholic extract was prepared and the analysis of phenolic compounds was performed with in vitro antioxidant activity by ABTS, DPPH and RAP radicals capturing methods; as well as antimicrobial activity by diffusion method with five bacteria (*Escherichia coli* 25922, *Salmonella* spp 10708, *Staphylococcus aureus* 24579, *Bacillus cereus* and *Xanthomonas perforans*), quantification of anthocyanins and ascorbic acid. The results show that fertilization with bovine manure and BIOEF positively influenced gas exchange and growth of pepper plants. Cayenne pepper has high concentrations of phenolic compounds, antioxidants, anthocyanins and ascorbic acid.

Keywords: *Capsicum annuum*, bioactive compounds, organomineral, mineral nutrition.

1. INTRODUÇÃO GERAL

As pimentas são especiarias com larga aceitação no mercado, principalmente por suas inúmeras características especiais. Em uma década, de 2006 a 2016, a produção mundial de pimenta aumentou 25% com produção de 34,5 milhões de toneladas (MT) de pimenta fresca e 3,9 MT de pimenta seca (FAOSTAT, 2016). O mercado para as pimentas é muito segmentado e diversificado pela variedade de produtos, que vão desde os comestíveis até ingredientes ativos usados na formulação de produtos farmacêuticos e cosméticos (ARAÚJO, 2014).

Além da sua importância socioeconômica, uma vez que é fonte de renda para pequenos produtores e suas famílias no campo, gera empregos pela contratação de mão de obra durante a colheita e pelas indústrias processadoras (SANTOS, 2018), as pimentas agregam valor devido a expressiva quantidade de nutrientes que melhoram a saúde humana, como antioxidantes, vitaminas C e E e os carotenoides (RIBEIRO et al., 2008). Assim, cresce o interesse dos consumidores e dos fabricantes de alimentos em relação à composição nutricional dos alimentos, bem como os fatores que influenciam os teores de compostos específicos.

A produção de metabólitos secundários, como antocianinas e compostos fenólicos, pode ser influenciada pela nutrição mineral. Os nutrientes minerais fornecidos para as culturas podem estar relacionados aos níveis de alguns compostos orgânicos nas plantas que exercem influência sobre processos bioquímicos e fisiológicos, melhorando a qualidade físico-química e nutricional dos frutos e produtividades das culturas (OLIVEIRA, 2017).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a interferência da fertilidade do solo, no crescimento e desenvolvimento da pimenta ‘Cayenne’, bem como na síntese de metabólitos primários e secundários e no potencial antioxidante e antimicrobiano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da Pimenta

2.1.1 Aspectos botânicos e fisiológicos

As pimentas e pimentões fazem parte do Reino Plantae, Classe Magnoliopsida, apresentando basicamente duas famílias: a família Piperaceae, mais especificamente do gênero Piper, que tem como principal representante a pimenta do reino e a família Solanaceae, com o gênero Capsicum, que tem a malagueta como a principal variedade (LEAL, 2012).

As pimenteiras são plantas arbustivas, perenes, com caules semilenhoso, sendo mais resistentes do que o pimentão, podendo ultrapassar 120 cm de altura, com ampla ramificação lateral. Normalmente é autopolinizada, porém a polinização cruzada também ocorre, dependendo da fauna entomológica existente na região (FILGUEIRA, 2003). Os frutos, por sua vez, podem ser definidos como uma baga de estrutura oca e forma lembrando uma espécie de cápsula, mas existem os mais variados frutos, desde grandes e alongados ou diminutos e globulares. Tal variabilidade morfológica pode ser destacada pelas múltiplas formas, tamanhos colorações e pungências apresentadas, esta última por causa da capsaicina (FILGUEIRA, 2003; EMBRAPA, 2007). O gênero *Capsicum* é constituído a cerca de 30 espécies conhecidas. Destas, cinco são domesticadas: *Capsicum annuum*, *C. baccatum*, *C. frutescens* e *C. pubescens*, o restante é considerada selvagem (ISLAM et al., 2015).

2.1.2 *Capsicum annuum* e Pimenta Cayenne

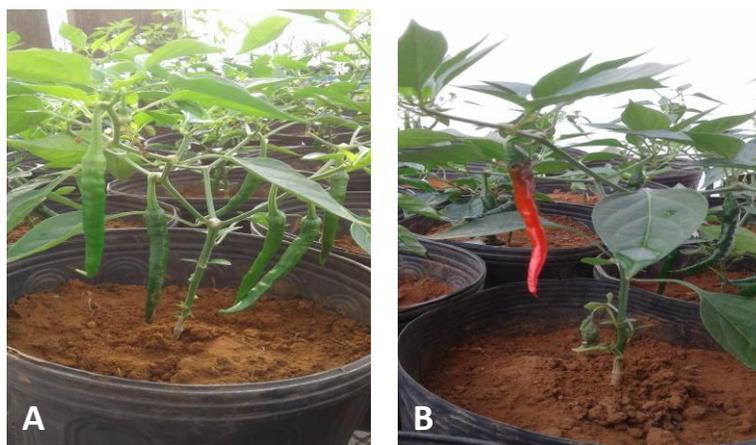
Capsicum annuum é a variedade domesticada mais conhecida e difundida no mundo inteiro, sendo cultivadas em grande escala no México onde foi domesticada, na

América Central, na Europa, África e Ásia. No Brasil, é produzida principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, neste grupo incluem as variedades mais populares do gênero, como os pimentões e as pimentas doces (SOUSA, 2012; STARK, 2008).

A espécie *C. annuum* geralmente apresenta uma flor por nó, raramente mais de uma e ocasionalmente fasciculadas. A corola é branca (raramente violeta), sem manchas na base dos lobos das pétalas. Os frutos são de várias cores e formas, geralmente pendentes, persistentes, com polpa firme; as sementes são cor de palha (CARVALHO et. al., 2006).

As pimentas Jalapeño e Cayenne são os principais representantes deste grupo e podem ser consumidas frescas, ou na forma de molhos líquidos (frutos maduros e vermelhos), desidratados na forma de flocos ou pó, ou ainda em conservas (verdes) e escabeches (EMBRAPA, 2007).

A cultivar de pimenta Cayenne também conhecida com pimenta vermelha é considerada uma cultura perene, porém na maioria das vezes cultivada como cultura anual. Apresenta ciclo de verão de aproximadamente noventa dias, com frutos de características cônico-alongado e coloração que variam do verde ao vermelho, conforme mostra a Figura 1. O comprimento comercial varia de 8 cm a 12 cm e diâmetro de 1 cm a 2 cm (RIBEIRO e REIFSCHNEIDER, 2008). É sensível a baixas temperaturas e intolerante a geadas, portanto, é recomendável que se cultive nos meses mais quentes do ano em algumas regiões. As temperaturas médias mensais ideais estão entre 21 e 30°C, enquanto a média da mínima ideal é de 18°C e a média da máxima ideal é 35°C (PINTO et al., 2006).



Fonte: Imagem do próprio autor (2019).

Figura 1. Pimenta ‘Cayenne’ em estádios diferentes de maturação verde (A) e maduro (B).

2.1.3 Aspectos nutricionais

Praticamente todas as espécies de pimentas cultivadas apresentam atividade antioxidante e possuem vitaminas A, C, E, B1, B2, carotenoides, fósforo, potássio, cálcio, carboidratos, aminoácidos, fenólicos, principais substâncias ativas, e por isso, podem ser consideradas um alimento funcional proporcionando benefícios à saúde (REIFSCHNEIDER, 2000).

Tão importantes quanto os outros elementos, as antocianinas, que são compostos flavonoides encontrados nas pimentas são responsáveis pela coloração vermelha ou roxa em órgãos como frutos, flores, talos e folhas (OCHOA-ALEJO; RAMÍREZ-MALAGÓN, 2001). As capsaicinas são compostos bioativos presentes também nas pimentas do gênero *Capsicum*, responsáveis pela sensação de pungência e picância (GONZALEZ et al., 2010).

A vitamina C (ácido ascórbico) é largamente empregada como agente antioxidante para estabilizar cor, sabor e aroma em alimentos. Além do emprego como conservadora é utilizada para enriquecimento de alimentos ou restauração, aos níveis normais, do valor nutricional perdido durante o processamento. Esta vitamina está presente em altas concentrações em vários tipos de pimenta. A concentração de vitamina C da pimenta é influenciada pela variedade, pelo estágio de maturação do fruto, pelo processamento, entre outros fatores (WAHYUNI et al., 2011).

Além de suas características sensoriais, tais como pungência, aroma e cor, pimentas são importantes fontes de compostos bioativos que oferecem benefícios à saúde, incluindo as vitaminas C e E, provitamina A, carotenoides e compostos fenólicos. O conteúdo desses fitoquímicos muda com os processos metabólicos e químicos. Portanto, as condições de amostragem e armazenamento (temperatura < 7,5°C, ~70% RH (relativa umidade), deficiência de oxigênio e ausência de luz) devem ser controladas, a fim de produzir um material vegetal de alta qualidade para sua caracterização e uso (PADILHA, et al., 2015).

2.2 Compostos Bioativos

2.2.1 Metabolismo Secundário

Os metabólitos secundários da planta (MSP) são, não somente uma disposição útil de produtos naturais, mas uma parte importante do sistema de defesa de plantas contra-

ataques patogênicos e estresses ambientais. Com as atividades biológicas notáveis, os MSP da planta são usados cada vez mais como ingredientes da medicina e alimentos aditivos e culinários. O acúmulo de MSP é dependente de uma variedade de fatores ambientais, tais como luz, temperatura, água do solo, fertilidade do solo e salinidade, e para a maioria das plantas, uma mudança de um fator individual pode alterar o conteúdo de MSP, mesmo que outros fatores permaneçam constante (YANG et al., 2018).

Os MSP são moléculas que não têm papel fundamental na manutenção dos processos vitais nas plantas, mas são importantes para a planta interagir com seu ambiente para adaptação e defesa às condições de estresse biótico e abiótico e enfatizando a sua importância comercial e valor das plantas (BALANDRIN et al., 1985; HORWITZ, 1992).

O metabolismo secundário vegetal é composto de substâncias que possuem estrutura complexa, presente em baixas concentrações e possuem muitas atividades biológicas relatadas como a ação anti-inflamatória, anticarcinogênica e antioxidante. Em relação aos metabólitos primários, apresentam-se em baixas concentrações estando ou não presentes nas plantas, isso depende do ambiente que estão inseridas (BERG e LUBERT, 2008).

Com base na origem metabólica, as substâncias oriundas de plantas podem ser divididas em três grupos majoritários, denominados terpenos, alcaloides e compostos fenólicos (CROTEAU et al., 2000). Metabólitos secundários que por vezes, são específicos de determinadas famílias, gêneros ou espécies, cujas funções, até pouco tempo eram desconhecidas; a maioria desses metabólitos secundários que, ao menos, 12.000 foram isolados e essa quantidade, ainda parece ser inferior a 10% do total (COWAN, 1999). Em muitos casos, estas substâncias servem como mecanismos de defesa do vegetal contra predação por micro-organismos, insetos e herbívoros. Algumas substâncias fornecem odor para a planta, outros (quinonas e taninos) são responsáveis pelo pigmento e muitos compostos são responsáveis pelo sabor da planta (COWAN, 1999).

Inúmeros fatores incluindo o genótipo da planta e condições de cultivo podem acarretar impactos sobre a qualidade dos vegetais, principalmente nos níveis dos denominados compostos bioativos ou fitoquímicos (ZLOTEK et al., 2014). Nutrição mineral suplementar de plantas pode fornecer um meio não só para estimular o crescimento das plantas, mas também influenciam o conteúdo de MSP. Estudos crescentes revelaram

que a disponibilidade de plantas nutrientes podem ser um fator importante na determinação do metabolismo secundário e atividade antioxidante dentro das plantas (STEWART,2001).

A eficácia da ação dos componentes bioativos depende de sua estrutura química e da concentração. Por sua vez, o teor em vegetais é amplamente influenciado por fatores genéticos, adubação, condições ambientais, além do grau de maturação e variedade da planta. A nutrição das plantas é afetada diretamente pela composição do substrato utilizado, pelos níveis de nutrientes disponíveis e conforme a quantidade de adubo adicionado (CARMO et al., 2011).

Vários estudos destacam que a produção, tanto de biomassa quanto de metabólitos secundários, varia em função da espécie e dos adubos utilizados como *Lippia alba* (MING, 1998), *Chamomila recutita* (CORRÊA JÚNIOR, 1998), *Achillea millefolium* (SCHEFFER, 1998), *Cymbopogon citratus* (SILVA et al., 2003), *Ocimum basilicum* L. (BLANK et al., 2005), *Ocimum selloi Benth* (COSTA et al., 2008), *Justicia pectoralis* (BEZERRA et al., 2006), *Hyptis suaveolens* (MAIA, 2006).

Alguns estudos demonstram que as pimentas pertencentes ao gênero *Capsicum* são fontes de compostos bioativos, de reconhecido benefício à saúde humana, dentre eles podem ser citados, os compostos fenólicos, os carotenoides, os capsaicinoides e as vitaminas (GIUFFRIDA et al., 2013).

2.2.2 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são biossintetizados por duas rotas principais: A rota do ácido chiquímico e a rota do ácido mevalônico. A rota do ácido chiquímico funciona convertendo precursores de carboidratos (presentes na glicólise e a via das pentoses) em aminoácidos aromáticos. Essa rota está presente em plantas, fungos, bactérias. A rota do ácido mevalônico é menos significativa para as plantas, sendo mais importante para fungos e bactérias (TAIZ e ZEIGER, 2017).

Compostos fenólicos, bem como outros metabólitos (responsáveis pelos efeitos farmacológicos de plantas), representam uma interface química entre plantas e o meio ambiente, e sua síntese é muitas vezes afetada por fatores ambientais (GOBBO-NETO e LOPES, 2007). Os derivados do ácido fenólico e flavonoides representam os principais grupos de fenólicos compostos em variedades de pimenta (JAYAPRAKASHA et al., 2012). Contribuem para a cor e sabor dos frutos e mostram efeitos de promoção da saúde

com base na proteção do organismo contra os danos produzidos por agentes oxidativos, sendo boa indicação para a capacidade antioxidante das pimentas (PADILHA et al., 2015).

A avaliação da biodisponibilidade de compostos fenólicos é um assunto relevante para a pesquisa atual pela necessidade de esclarecer sua atividade benéfica para a saúde humana. Os compostos fenólicos são metabolizados nos enterócitos e nas células hepáticas por metilação, sulatação e glucuronidação, sendo então absorvidos na circulação sistema e distribuídos através dos diferentes órgãos do corpo. A sua biodisponibilidade depende de vários fatores, tais como a permeação e os mecanismos de transporte no epitélio intestinal, a estabilidade gastrointestinal das frações fenólicas e o papel da microbiota intestinal na biotransformação desses compostos em sua interindividual diferença, entre outros (MINATEL et al., 2017).

As principais fontes de compostos fenólicos são frutas cítricas, como limão, laranja e tangerina, além de outras frutas, encontrados em maiores quantidades na polpa que no suco da fruta, pimenta, brócolis, repolho roxo, cebola, alho e tomate também são excelentes fontes destes compostos (JORGE, 2007).

Os compostos fenólicos apresentam múltiplas atividades biológicas, tais como: propriedades antitumorais, antimutagênicas, anti-inflamatórias, antibacterianas e antioxidantes, por protegerem as células contra os danos oxidativos (SOUSA, 2008).

Além disso, as antocianinas são uma classe de compostos fenólicos que representam significativo papel na prevenção ou retardo do aparecimento de várias doenças por suas propriedades antioxidantes. Seu espectro de cor vai do vermelho ao azul, apresentando-se também como mistura de ambas as cores resultando em tons de púrpura. Muitas frutas, hortaliças e flores devem sua atrativa coloração a esses pigmentos que se encontram dispersos nos vacúolos celulares (VOLP et al., 2008).

As antocianinas são consideradas umas das responsáveis pela grande interação entre plantas e animais, pois apresentam atividade inibidora sobre o crescimento de larvas de alguns insetos. E devido às cores vivas e intensas que elas produzem, participam dos mecanismos reprodutores das plantas, tais como a capacidade de agirem como atraentes de insetos e pássaros para polinização e dispersão das sementes. Nas plantas, apresentam as funções também de antioxidantes, de proteção à ação da luz, mecanismo de defesa e na função biológica (LIMA, 2007).

O principal emprego biológico atribuído às antocianinas é a atividade antioxidante, por sua estrutura química ser formada por três anéis, que possuem ligas duplas conjugadas e também hidroxilas distribuídas ao longo da estrutura que possibilitam o sequestro de radicais livres, causadores de danos celulares e doenças degenerativas (BORDIGNON JUNIOR et al., 2009).

2.2.3 Substâncias antioxidantes

Os radicais livres são substâncias que apresentam um par de elétrons desemparelhado e possuem alta instabilidade. Eles são formados por ação direta de fontes de energia externa, como luz, calor e radiação. Essa energia externa, ao atingir o átomo, faz com que um elétron seja removido de seu orbital. Os radicais livres são denominados espécies reativas de oxigênio (EROs) ou espécies reativas de nitrogênio (ERNs), pois, possuem elétron desemparelhado e centrado nos átomos de oxigênio ou nitrogênio (ARAÚJO, 2008).

Os radicais livres são promotores das reações de oxidações que promovem envelhecimento celular, além de ocasionarem danos ao DNA promovendo processos de mutagênese e carcinogênese. As ERNs e EROs possuem alta reatividade com moléculas de lipídios, proteínas, DNA, vitaminas, carboidratos e outras biomoléculas essenciais para o funcionamento dos organismos (SHAMI e MOREIRA, 2004).

As reações promovidas por radicais livres podem ser evitadas ou amenizadas com o uso de substâncias antioxidantes, que impedem a formação de espécies reativas (radicais livres) e assim proporcionam a integridade das substâncias presentes no meio, por mais tempo (SOARES, 2002). Em relação ao organismo humano, a ingestão de alimentos com potencial antioxidante auxiliam na prevenção a oxidação proveniente dos processos biológicos oriundos de fatores exógenos (DEGÁSPARI et al., 2004).

Antioxidantes são substâncias que atuam neutralizando ou prevenindo os danos causados pelos radicais livres. Esse dano hostil provocado pelos oxidantes pode ser grandemente reduzido, antes que ocorram reações com alvos biológicos, prevenindo reações em cadeia ou prevenindo a ativação do oxigênio e seus produtos altamente reativos (RATNAM et al., 2006).

As pimentas podem ser usadas como antioxidantes naturais e agentes antimicrobianos na preservação dos alimentos. Os fitoquímicos e óleos essenciais de

pimentas mostraram forte atividade antioxidante, em comparação com os antioxidantes sintéticos, e demonstraram atividades antibacterianas e antifúngicas contra patógenos humanos (SALEHI et al., 2019).

A vitamina C ou, simplesmente, ácido ascórbico (AA) é uma vitamina hidrossolúvel e termolábil. Os AA são amplamente distribuídos nos produtos de origem vegetal, sendo encontrado, principalmente, em frutas cítricas e hortaliças (ZHANG e HAMAUZU, 2004).

O ácido ascórbico é encontrado naturalmente em frutas, vegetais e em menor teor nos tecidos animais e produtos derivados (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Além disso, é adicionado em alimentos e produtos farmacêuticos pelas indústrias, tanto como ingrediente principal, quanto como estabilizante de demais nutrientes e antioxidante. No organismo também possui função antioxidante, (ARYA; MAHAJAN; JAIN, 1998; CRUZ; LOBATO; SANTOS, 2013). Porém, não é sintetizada pelos humanos, devendo ser adquirida através da dieta (PENTEADO, 2003).

2.3 Atividades antimicrobianas em extrato de pimentas

A resistência microbiana é atualmente grande problema na cadeia de produção de alimentos e na área de saúde visto que, ela limita a utilização de produtos como conservantes sintéticos, no caso da indústria de alimentos, agroquímicos (para o cultivo de alimentos em geral) e de antifúngicos e antibióticos, no caso da indústria farmacêutica. Desta maneira, extratos e isolados vegetais surgem como nova possibilidade para ação antimicrobiana (LIMA et al, 2006).

A investigação do potencial antimicrobiano de alguns extratos vegetais é mencionada por pesquisadores (CARVALHO et al., 2010; WIEST et al., 2009) que utilizam esses extratos para a inibição do desenvolvimento de colônias de fungos e bactérias fitopatológicas e de interesse na medicina (PEREIRA, 2015). O uso de extratos vegetais com potencial de ação antimicrobiana é interessante, pois, há relatos de frequentes quebras de resistência e alguns efeitos colaterais que os produtos sintéticos ocasionam (RAVISHANKAR et al., 2012). Desta forma, alguns estudos vêm sendo realizados, principalmente com a bactéria do gênero *Staphylococcus* que ocasiona infecções hospitalares e toxinfecções alimentares (CARLOS et al., 2010; CARVALHO et al., 2010).

Com a finalidade de preservar os alimentos dos microrganismos que causam as intoxicações alimentares, Carvalho et al. (2006) demonstraram que bactérias patogênicas podem sofrer inibição pela presença de extratos vegetais de condimentos que atuam como conservantes em alimentos.

A contaminação microbiana é dividida em várias categorias sendo as mais importantes classificadas em contaminação patogênica e não patogênica. Microrganismos patogênicos têm relação com grandes surtos e geralmente acometem grandes lotes do alimento comercializado, requerendo grande preocupação no controle de qualidade das indústrias de alimentos. As bactérias mais comuns em grandes surtos são: *E coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinum* e *almonella* spp (FU et al., 2016).

A atividade antibacteriana é um termo utilizado para toda substância oriunda de seres vivos, microrganismos ou vegetais, como também aquelas sintetizadas em laboratório com a capacidade de em pequenas concentrações apresentarem atividade letal ou inibitória contra espécies de bactérias e fungos e prevenir o desenvolvimento de microrganismos resistentes (RIBEIRO, 2008).

2.3.1 *Staphylococcus aureus*

O gênero *Staphylococcus* pertence à família Micrococcae e possui 33 espécies, e 17 delas podem ser obtidas a partir de amostras biológicas humanas como pele, por exemplo. A espécie de maior interesse médico, principalmente em ambiente hospitalar, é o *Staphylococcus aureus*, pois frequentemente relacionado com diversas infecções em seres humanos. (CASSETTARI et al., 2005; KONEMAN, 2001).

O *Staphylococcus aureus* é uma bactéria Gram-positiva, de distribuição ampla, capaz de resistir à dessecação e ao frio, podendo permanecer viável por longos períodos em partículas de poeira. Pode ser encontrado no ambiente de circulação do ser humano, sendo o próprio homem seu principal reservatório, além de estar presente em diversas partes do corpo, como fossas nasais, garganta, intestinos e pele (BANNERMAN, 2003; CARVALHO et al., 2005; CAVALCANTI et al., 2006). Infecções da pele e tecidos moles são comuns, tanto em pacientes da comunidade quanto em hospitalizados, essas infecções podem atingir desde regiões superficiais até os tecidos mais profundos (ROBERT; CHAMBERS, 2005).

Os *Staphylococcus sp.* Podem causar intoxicação alimentar, síndrome de choque tóxico, pneumonia e infecções hospitalares pela produção de enterotoxinas proteicas altamente termoestáveis e resistentes a enzimas proteolíticas, como tripsina e pepsina. É um dos microrganismos mais prevalentes nas doenças transmitidas por alimentos. O quadro clínico de intoxicação tem sinais como náusea, vômito e cólicas, prostração e pressão baixa. Os seres humanos normalmente são os reservatórios e a transmissão ocorre por lesões nas mãos ou secreções que contaminam os alimentos durante sua manipulação (FRANCO e LANDGRAF, 2008; EDUARDO et al., 2009; FDA, 2012).

2.3.2 *Escherichia coli*

A *Escherichia coli* são bacilos Gram-negativos, termotolerantes, possuindo característica de resistirem a elevadas temperaturas, dominantes entre os diversos microrganismos anaeróbios facultativos, que fazem parte da flora intestinal de animais de sangue quente (FRANCO e LANDGRAF, 2008). Podem causar infecções intestinais, urinárias, septicemias, meningite e outros tipos de patologias (TRABULSI e ALTERTHUM, 2008).

A *Escherichia coli* possui formato de bastonete curto, gram-negativa, não esporulado, medindo entre 1,1 a 1,5 µm por 2 a 6 µm e, pela existência de flagelos, essa bactéria possui mobilidade. Se desenvolve em temperaturas de 18 a 44°C, entretanto se tem 37°C como a temperatura ideal. É caracterizada por apresentar metabolismo anaeróbio facultativo, pois possui metabolismo respiratório e fermentativo com produção de ácido e gás (QUINN et al., 2005; FERREIRA e KNÖBL, 2009).

A presença destes microrganismos é frequentemente utilizada como indicadores de condições higiênicas de um alimento e provável presença de enteropatógenos. Decorrente do contato direto, manipuladores são importantes fontes de contaminação de um alimento, visto que a microbiota existente em suas mãos, resultante da negligência de higienização das mesmas, pode servir como potencial fonte de contaminação. Entretanto, a *Escherichia coli* é um microrganismo indicador de contaminação fecal em alimento *in natura*, mas não em alimentos processados (JAY, 2005).

2.3.3 *Salmonella enterica*

As bactérias do gênero *Salmonella* pertencem à família Enterobacteriaceae, possuem o formato de bacilos curtos, largura de 0,4 a 1,5 µm e comprimento de 2 a 5 µm^{22,23} A maioria é móvel através de flagelos peritríquios e produzem ácido e gás (H₂S) a partir da fermentação da glicose; exceto *Salmonella pullorum* e *Salmonella gallinarum* que são imóveis e menos de 5% produzem gás (JAY, 2005).

A nomenclatura e a taxonomia de *Salmonella* já sofreram diversas alterações. O Centro de Referência e Pesquisa em *Salmonella* localizado no Instituto Pasteur, Paris, França, da Organização Mundial da Saúde é responsável pela atualização da taxonomia desse gênero. Atualmente, considera-se que o gênero é composto por duas espécies: *Salmonella bongori* e *Salmonella enterica*, esta última por sua vez, é dividida em seis subespécies: *S. entérica* subespécie *enterica*, *S. enterica* subespécie *salamae*, *S. enterica* subespécie *arizonae*, *S. enterica* subespécie *diarizonae*, *S. enterica* subespécie *houtenae* e *S. enterica* subespécie (ISSENHUTH-JEANJEAN et al., 2014).

O gênero *Salmonella* é reconhecido como uma das bactérias que mais causam doenças de origem alimentar no mundo (MAJOWICZ et al., 2010). Nos Estados Unidos, a *Salmonella* foi o agente bacteriano mais comum em surtos de origem alimentar e também em casos esporádicos, segundo o Centers and Disease Control and Prevention (CDC) em 2014 (CDC, 2015). No Brasil, a *Salmonella* foi reportada como o principal patógeno responsável por surtos de origem alimentar entre 2000 e 2015, segundo dados da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS, 2015).

A salmonelose é de importância mundial que preocupa as autoridades sanitárias e se constitui em importante barreira ao comércio internacional de alimentos. A ampla distribuição de *Salmonella* entre os animais e sua capacidade de sobreviver por longos períodos no meio ambiente contribuem para seu destacado papel em saúde pública (BUTAYE et al., 2003). O gênero *Salmonella* pertence à família Enterobacteriaceae e compreende as espécies *S. enterica* e *S. bongori*; a espécie *S. enterica* alberga as linhagens patogênicas distribuídas em seis subespécies e 2.564 sorovares, todas patogênicas ao homem (BOPP et al., 2003).

2.3.4 *Bacillus cereus*

O gênero *Bacillus* pertence ao grupo das bactérias quimiotróficas, gram-positivas, cuja característica é a produção de endósporos resistentes ao calor. O maior reservatório de *Bacillus* é o solo, podendo habitar também ambientes extremos, como desertos e geleiras. Sua ação antagonista não é específica atuando tanto sobre patógenos foliares, como radiculares (GRICOLETTI JÚNIOR et al., 2000). Espécies desse gênero são capazes de adquirir o ferro presente na rizosfera e ao mesmo tempo de se protegerem dos efeitos tóxicos desse metal, por meio de um mecanismo eficaz de produção de sideróforos (GUERINOT, 1994; BENITE et al., 2002), além de produzirem antibióticos que liberam compostos que previnem o crescimento de patógenos.

Bacillus cereus são bactérias gram-positivas pertencentes aos fitonos Firmicutes. O grupo de bactérias anaeróbicas, aeróbicas, facultativas, em forma de vara é composto por, pelo menos oito espécies intimamente relacionadas: *B. anthracis*, *B. cereus*, *B. thuringiensis*, *B. mycoides*, *B. pseudomycoides*, *B. weihenstephanensis*, *B. cytotoxicus*, e *B. toyonensis* (LIU, 2015).

O *B. cereus* a patogenicidade *cereus* baseia-se em uma gama de fatores de virulência, que estão longe de serem compreendidos, contribuindo para uma série de doenças humanas. *B. cereus* pode causar dois tipos de intoxicação alimentar, que são caracterizados principalmente por diarreia e emese (STENFORS, 2008; EHLING-SCHULZ, 2004; SCHOENI, 2005).

2.3.5 *Xanthomonas perforans*

A *Xanthomonas* é uma das principais bactérias causadoras de doenças no tomateiro e principal bactéria responsável por grandes perdas na produção de tomate, tanto para consumo *in natura* quanto para processamento industrial. Quatro espécies do gênero *Xanthomonas* causam a doença: *X. euvesicatoria*, *X. gardneri*, *X. perforans* e *X. vesicatoria* (Quezado-Duval et al., 2004). Levantamentos recentes demonstram a prevalência das espécies *X. gardneri* e *X. perforans* nas lavouras de tomate no Brasil (QUEZADO-DUVAL et al., 2009). A bactéria pode ser encontrada em sementes contaminadas, restos culturais, plantas voluntárias, tornando difícil impedir a disseminação da doença e a eliminação das fontes de inóculo (QUEZADO-DUVAL e LOPES, 2010).

Para o controle da doença, uma das principais medidas de controle são as aplicações de defensivos químicos e o uso de variedades resistentes. O controle químico da mancha bacteriana tem por bases fungicidas cúpricos e antibióticos. Esses produtos nem sempre apresentam a eficiência desejada, devido principalmente à presença de estirpes resistentes (PONTES et al., 2012). Além disso, há consciência crescente de que seu uso é ambientalmente hostil (BUTTIMER et al., 2017). O controle de doenças de plantas com o uso de cultivares resistentes, seja pela praticidade ou pela boa relação custo/benefício para o produtor, seria uma alternativa (PONTES et al., 2012)

2.4 Nutrições minerais.

Os fertilizantes minerais (ou químicos) começaram a ser utilizados na Europa, desde o século XIX. No início do século XX, o uso deles se intensificou nos países industrializados, mas só se generalizou após a Segunda Guerra Mundial. Em 1900, o consumo mundial dos três principais minerais fertilizantes – o nitrogênio (N), o ácido fosfórico (P_2O_5) e o potássio (K_2O) – não alcançava 4 milhões de toneladas de unidades de fertilizantes; em 1950, esse consumo ultrapassava pouco mais de 17 milhões de toneladas e, ao final dos anos 1980, saltou para 130 milhões de toneladas (ANDA, 2017).

Os estudos das extrações e exportações dos nutrientes pelas culturas permitem preparar balanços nutricionais e redirecionar as recomendações de adubações. As adubações não devem apenas repor os nutrientes exportados pela colheita, mas também suprir as quantidades necessárias para a formação de outros órgãos vegetais não retirados da parte aérea e as perdas por lixiviação, fixação e outros processos. (FAQUIM e ANDRADE, 2004).

2.4.1 Nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente mais significativos para as plantas, pois assume a função estrutural e faz parte de diversos compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas e prolina, entre outros, elevando a capacidade de ajustamento osmótico das plantas à salinidade e aumenta a resistência das culturas ao estresse hídrico e salino (PARIDA e DAS, 2005).

Os fatores mais importantes para ao desenvolvimento de uma planta é o nitrogênio (MALAVOLTA, 2006). Na planta é encontrado quase todo o nitrogênio em formas

orgânicas na maioria das vezes presentes nos aminoácidos e proteínas (MALAVOLTA et al., 1997).

A planta pode absorver o nitrogênio de várias formas, entre elas, sistema solo-planta por deposições atmosféricas, fixação biológica – simbiótica ou não e também por adubações químicas e orgânicas (CANTARELLA, 2007).

2.4.2 Fósforo

O fósforo (P) é dos macronutrientes, um dos menos exigidos pela planta, mas trata-se do nutriente mais usado em adubações no Brasil. Isso é pela forte interação que o elemento apresenta com os componentes minerais do solo, processo denominado de fixação. É certamente, o nutriente que mais limita o crescimento das plantas nos solos das regiões tropicais (FAQUIM e ANDRADE, 2004).

O fósforo participa de vários processos metabólicos em plantas, como a transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, glicose, respiração, síntese e estabilidade de membrana, ativação e inativação de enzimas, reações redox, metabolismo de carboidratos e fixação do nitrogênio. Em plantas sob deficiência de fósforo, a alteração do metabolismo primário para o metabolismo secundário resulta frequentemente na acumulação de metabólitos secundários, como flavanoides e alcaloides indólicos (SHUMAN, 1994; VANCE et al., 2003).

Os microrganismos desempenham funções primordiais no aumento da disponibilidade do P do solo para as plantas, por meio de mecanismos que afetam a estrutura, a química, a bioquímica e a fisiologia do sistema radicular. Dentre essas ações dos organismos, destacam-se a extensão dos sistemas radiculares pelas associações com fungos micorrízicos e a solubilização e a mineralização microbianas do P por algumas bactérias e fungos (ARAÚJO e MACHADO, 2006).

2.4.3 Potássio

O potássio (K) é o cátion mais abundante na planta, sendo absorvido em grandes quantidades pelas raízes. Tem importante função no estado energético da planta, na translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção da água nos tecidos. Encontra-se predominantemente como cátion livre ou como cátion adsorvido e pode ser facilmente deslocado nos tecidos das plantas (LINDHAUER, 1985; MEURER, 2006).

As plantas absorvem o potássio na forma iônica K^+ da solução do solo, e, para que a absorção efetivamente ocorra, é necessário que o nutriente entre em íntimo contato com a superfície da raiz. A difusão e o fluxo de massa são os principais mecanismos de transporte (suprimento) do K^+ da solução do solo até a superfície radicular (BARBER, 1995). O suprimento por fluxo de massa depende da quantidade de água transpirada pela planta e do teor do K na solução do solo. A difusão, que é o principal mecanismo de suprimento do K às raízes, ocorre em resposta a um gradiente resultante das diferenças de concentração do K entre a superfície da raiz e da rizosfera. A difusão do K para as raízes é limitada à rizosfera, isto é, a distâncias muito curtas da superfície da raiz, usualmente em torno de 1 a 4 mm (MEURER, 2006).

A adubação potássica complementar em frutos de solanácea favorece a qualidade dos frutos, com coloração mais acentuada, mais resistência ao transporte e maior conservação pós-colheita (FILGUEIRA, 2012).

2.4.4 Organomineral

Os fertilizantes organominerais são misturas formadas por fertilizantes de fração orgânica e mineral. Sua utilização para aplicação nos solos é dependente de especificações próprias e garantias mínimas. Os fertilizantes organominerais sólidos deverão apresentar o mínimo de 8 % de carbono orgânico, capacidade de troca de cátions (CTC) mínima de 80 mmolc kg^{-1} , 10 % de macronutrientes primários isolados (N, P, K) ou em mistura (NK, NP, PK, NPK), 5 % de macronutrientes secundários, 1 % de micronutrientes e 30 % de umidade máxima (BRASIL, 2009).

Pesquisas realizadas, segundo a EMATER-MG (2011), dizem que os componentes principais da cama de aviário, o nitrogênio (N), fósforo (P), e o potássio (K), são também os principais componentes dos adubos minerais, produzidos em escala industrial, sendo que mais de 60% são importados, aumentando os seus custos de aquisição (SANTO e SARKODIE-ADDO, 2017).

A utilização de fertilizantes organominerais é uma das alternativas para propiciar maior rendimento da cultura e melhor a qualidade dos frutos, sendo compostos basicamente de uma mistura de resíduos orgânicos após uma compostagem e fertilizantes minerais, o que apresentam potencial de uso agrícola, pois tendem a apresentar menor custo em relação aos fertilizantes apenas minerais. A longo prazo diminui custos, pois, o adubo

organomineral estimula a proliferação de microrganismos benéficos que agirá na solubilização dos fertilizantes minerais liberando estes para as plantas. (MALAQUIAS e SANTOS, 2017).

O uso desses fertilizantes também pode reduzir as perdas de N pela presença de formas mais recalcitrantes deste elemento, que são delimitadas por compostos orgânicos (TEJADA et al., 2005). Em ambientes equilibrados os dois tipos de adubação podem favorecer a boa produção e qualidade final do produto, tornando a adubação organomineral uma adubação completa, que reúne adubos orgânicos e minerais, podendo ser uma maneira de se possibilitar a substituição gradativa do adubo mineral (ANDRADE et al., 2012).

2.4.5 Orgânico Esterco bovino

A adubação orgânica com esterco é uma alternativa à adubação mineral em sítios com grande produção de animais em sistema confinado (CONTI et al., 2016).

O uso de fertilizantes orgânicos vem sendo estudado em várias hortaliças, em especial na cultura de pimentões, sobretudo por proporcionar melhorias nas características produtivas das plantas, melhoram a matéria orgânica e os níveis de nitrogênio (SEDIYAMA et al., 2014; ARAUJO et al., 2007). No entanto, esse tipo de fertilizante pode alterar o desenvolvimento inicial das plantas, uma vez que os fertilizantes orgânicos precisam ser mineralizados para a liberação de nutrientes (ANTILLE et al., 2014). A adição contínua de esterco animal pode aumentar o conteúdo do solo de macronutrientes como cálcio (CA), magnésio (mg), potássio (K) e fósforo (P) (LOURENÇO et al., 2016) e de micronutrientes catiônicos (ANDREOLA et al., 2000), bem como o total conteúdo de carbono orgânico (LOURENÇO et al., 2016). Além disso, pode reduzir a atividade do alumínio no solo (BRUNETTO et al., 2012). No entanto, essas fontes apresentam, em geral, baixa concentração de nutrientes, impedindo seu transporte e aplicação em áreas distantes do local onde são produzidos (SÁ et al., 2017).

A utilização de fertilizantes não sintéticos permite o fornecimento de macro e micronutrientes de forma equilibrada e a melhoria da estrutura física do solo (SEDIYAMA et al., 2009). Entretanto as informações sobre o efeito do ambiente de cultivo casa de vegetação e da adubação de base orgânica sobre a produtividade e qualidade dos frutos de espécies do gênero *Capsicum*, são escassas. Segundo Moreira et al. (2010) genótipos de pimenta são pouco estudados em relação a sua capacidade produtiva e qualidade de frutos,

fato que se torna mais marcante quanto sua avaliação em relação a respostas a doses e fontes de adubação. A utilização de adubos de liberação lenta, como os de base orgânica, pode suprir a demanda nutricional da planta durante todo o ciclo da cultura (ARAÚJO et al., 2007).

3.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTILLE, D. L.; SAKRABANI, R.; GODWIN, J. Effects of biosolids-derived organomineral fertilizers, urea, and biosolids granules on crop and soil established with Riegrass (*Lolium perenne* L.). **Communications in soil science and plant analysis**, v.45, n.12, p.1605-1621, 2014.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; MENDONÇA, E. S.; OLSZEWSKI, N. Propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p.609-620, 2000.

ARAÚJO, E.M., A.P. OLIVEIRA, L.F. CAVALCANTE, W.E. PEREIRA, N.M. BRITO, C.M.L. NEVES & É.É. SILVA. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 11(5): 466-470,2007.

ARAÚJO, J M. **Química de Alimentos: Teoria e Prática**. 4 ed. Viçosa: Editora UFV, 596p, 2008.

ARAÚJO, A. P; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (editor). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS/UFV, p.254-280,2009.

ARAÚJO, D. L. D., ARAÚJO, D. L. D., MELO, E. N. D., SANTOS, J. G. R. D. AZEVEDO, C. A. V. D. Crescimento de pimentão sob diferentes concentrações de biofertilizante e lâminas de irrigação. (pombal - pb-),. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, [http //revista. gvaa. com. br](http://revista.gvaa.com.br) v. 9., n. 3, p. 172-181, jul. set 2014.

ARAÚJO, E. N.; OLIVEIRA, A. P.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W.; BRITO, N. M. DE; NEVES, C. M. DE L.; SILVA, É. É. da. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.466-470, 2007.

ARYA, S. P; MAHAJAN, M. Spectrophotometric Determination of Ascorbic Acid Using an Iron(II)-Pyridine-Picolinic Acid Complex. **Analytical Sciences**, v. 12, dez. 1996.

BALANDRIN, M.F.; KLOCKE, J.A.; WURTELE, E.S.; BOLLINGER, W.H. Natural plant chemicals: sources of industrial and medicinal materials. **Science**, 228, 1154–1159,1985.

BARBER, S. A. **Soil nutrient bioavailability**. A mechanistic approach. 2. Ed. New York, John Wiley & Sons, 1995. 414 p.

BANNERMAN, T.L. Staphylococcus, Micrococcus and other catalase-positive cocci that aerobically. p. 384-404. In: MURRAY, P.R. et al. **Manual of Clinical Microbiology**. Washington, DC: ASM Press. 1.506 p.2003

BERG, J.M.T.E; LUBERT, J. **Bioquímica**. 6º.Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 545p., 2008.

BENITE, A.M.C.; MACHADO, S.P.; MACHADO, B.C. Sideróforos: uma resposta dos microrganismos. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6b, p. 1155-1164, 2002.

BLANK, A.F. et al. Influência da adubação orgânica e mineral no cultivo de manjerição cv. Genovese. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.2, p.175-80, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução **Normativa da n. 25, de 23 de julho de 2009**. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Brasília, DF: MAPA, 2009

BRUNETTO, G.; COMIN, J. J.; SCHMITT, D. E.; GUARDINI, R.; MEZZARI, C. P.; OLIVEIRA, B. S.; MORAES, M. P.; GATIBONI, L. C.; LOVATO, P. E.; CERETTA, C. A. Changes in soil acidity and organic carbon in a sandy typic hapludalf after médium-term pig-slurry and deep-litter application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p.1620-1628, 2012.

BUTTIMER C, MACAULIFFE RPR, HILL C, O'MAHONY J, COFFEY A. Bacteriophages and Bacterial Plant Diseases. *Frontiers Microbiology*, v.27 ,p.201-206,2017.

BOPP, C.A. et al. Escherichia coli, Shigella and Salmonella. In: MURRAY, P.R. et al. **Manual of clinical microbiology**. Washington: ASM. Cap.28, p.459–474.,2003

BUTAYE, P. et al. Antimicrobial growth promoters used in animal feed: effects of less well know antibiotics on Grampositive bacteria. **Clinical Microbiology Reviews**, v.16, n.2, p.175-188, 2003.

CARLOS, L.A.; AMARAL, K.A.S.; VIEIRA, I.J.C; MATHIAS, L; BRAZ-FILHO, R; SAMARÃO, S.S; VIEIRADA- MOTTA, O. Rauvolfia grandiflora (apocynaceae) extract interferes with staphylococcal density, enterotoxin production and antimicrobial activity. **Brazillian Journal of Microbiology**, 41: 612-620, 2010.

CARMO, D.D.R.M.; FORMAGIO, V.A.S.N.; DOFFINGER, C.A.L.C.D., DE OLIVEIRA CARNEVALI, R.T. Atividade antioxidante de Hibiscus sabdariffa L. em função do espaçamento entre plantas e da adubação orgânica. **Ciência Rural**, v. 41, n. 8, p. 1331-1336, 2011.

CORRÊA JÚNIOR, C. Influência das adubações orgânica e química na produção de camomila (Chamomilla recutita L. Rauschert) e do seu óleo essencial. **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agronômica**. Botucatu: UNESP, V.1, p.130-164,1998

CARVALHO, M. A. C. de; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M. E.; PAULINO, H. B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Ciência do Solo**. Viçosa-MG, v. 27, p. 445-450, 2003.

CARVALHO, C. et al. Monitoramento microbiológico sequencial da secreção traqueal em pacientes intubados internados em unidade de terapia intensiva pediátrica. **Jornal de Pediatria**. v. 81, n. 1, p. 29-33, 2005.

CARVALHO, A.V.; MATTIETTO, R.A.; RIOS, A O.; MORESCO, K.S. Mudanças nos compostos bioativos e atividade antioxidante de pimentas da região amazônica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, 2014.

CARVALHO, H.H; WIEST, J.M.; CRUZ, F.T. Atividade antibacteriana in vitro de pimentas e pimentões (*Capsicum* sp.) sobre quatro bactérias toxinfecivas alimentares. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai.**, Botucatu, 12(1): 8-12,2010.

CARVALHO, S. I. C. de; BIANCHETTI, L. de B.; RIBEIRO, C. S. da C.; LOPES, C. A. Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. **Chemical** ,2014.

CARVALHO, S.I.C; BIANCHETTI, L.B; RIBEIRO, C.S.C; LOPES, C.A. Pimentas do gênero *Capsicum* no Brasil. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 27p, 2006.

CASSETTARI, V. C.; STRABELLI, T.; MEDEIROS, E. A. S. *Staphylococcus aureus* bacteremia: what is the impact of oxacillin resistance on mortality? **Brazilian Journal of Microbiology** , v. 9, n. 1, p. 70-6, 2005.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAEZ, V. H. V.; BARROS, N.F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG; **Sociedade brasileira de Ciência do Solo**, 2007. p.551-594.

CAVALCANTI, S.M.M. et al. Prevalence of *Staphylococcus aureus* introduced into intensive care units of a university hospital. **Brazilian Journal of Infectious Diseases**. v. 9, n. 1, p. 56-63, 2005

CAVALCANTE, L. F.; SILVA, G. F. GHEYI, H. R.; DIAS, T. J.; ALVES, J. C.; COSTA, A. P. M. Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. **Revista Brasileira Ciências Agrarias**, v. 4. n. 4, p.414-420, 2009.

CDC. CENTER FOR DISEASE CONTROL. **Multistate Outbreak of Human Salmonella Infections Linked to Live Poultry in Backyard Flocks (Final Update)**. Atlanta, Georgia: United States Department of Health and Human Service, CDC, 2015.

CENTERS OF DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). Centers for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases. Acessado em Dezembro, 02, 2015.

CROTEAU, R; TONI, M; KUTCHAN, N; LEWIS.G. Natural Products (Secondary Metabolites) *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*, B. Buchanan, W. Grissem, R. Jones, Eds., © 2000, **American Society of Plant Physiologists** ,v24,2010.

CRUZ, R. A. N; LOBATO, L. P.; SANTOS,S. Ácido ascórbico em preparados sólidos para refresco sabores limão e laranja. **Scientia Plena**, v. 9, n. 11, 2013.

DEGÁSPARI, C.H; WASZCZYNSKYJ, N. PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES DE COMPOSTOS FENÓLICOS .**Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, Jan.-Jun./2004.

DE CONTI, L.; CERETTA, C. A.; FERREIRA, P. A. A.; LOURENZI, C. R.; GIROTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T. L.; MARCHEZAN, C.; ANCHIETA, M. G.; BRUNETTO, G. Soil solution concentrations and chemical species of copper and zinc in a soil with a history of pig slurry application and plant cultivation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.216, p.374-386, 2016.

DAMODARAN, S; PARKIN, K L.; FENNEMA, O, R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DO RÊGO, E. R; FINGER, F. L; DO RÊGO,M.M. **Production and breeding of chilli pepper(capsicum spp)**, 2016.

EMATER–MG, Produzido pela Assessoria de Comunicação, Departamento Técnico e Unidade de Planejamento e Estratégia Corporativa - 2011.

EMBRAPA. **Pimenta: diversidade e usos**. BRASILIA, 2015.

EMBRAPA. **Pimenta Capsicum spp. Sistemas de Produção** , 2007.

EHLING-SCHULZ M, FRICKER M, SCHERER S. Bacillus cereus, the causative agent of an emetic type of food-borne illness. **Molecular Nutrição Food**, v 48:479–487,2004.

FU, L; VALENTINO, H.R; WANG, Y. Bacterial Contamination in Food Production. **Antimicrobial Food Packaging**, 35–43, 2012.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Statistics Database**, 2016. Disponível em: URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>; Acessado 14.05.19

FERREIRA, A.J.P.; KNÖBL, T. Enfermidades bacterianas. In: JÚNIOR BERCHIERI, A.; SILVA, NEPOMUCENO, E.; DI FÁBIO, J.; SESTI, L.; ZUANAZE, M. A. F. Doenças das aves. Campinas: **Facta**, v.4, p. 457-474. 2009.

FILGUEIRA, F.A.R. Solanáceas: **Agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. Lavras: UFLA, 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3.ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 421p,2012.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. 5 ed. São Paulo: Atheneu, 182 p,2008

GIUFFRIDA, D., et al. Characterization of 12 Capsicum varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. **Food Chemistry**, 140(4), 794–802, 2013.

GOBBO-NETO L, LOPE, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Quim Nova** 30: 374-381,2007.

GONZÁLEZ-LAVAUT, J.A.; OCA-ROJAS, Y.M.; DOMÍNGUEZ-MESA, M.I. Breve reseña de la especie *Solanum melongena* L. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**. v.3, n.12, p.1- 13. 2007.

GRIGOLETTI JÚNIOR, A.; SANTOS, A.F.; AUER, C.G. Perspectivas do uso do controle biológico contra doenças florestais. **Floresta**, Curitiba, v. 30, n. 1/2, p. 155- 165, 2000.

GUERINOT, M. L. 1994. Microbial iron transport. *Annual Review of Microbiology*, **Palo Alto**, v. 48, p. 743–772, 1994.

ISSENHUTH-JEANJEAN, S., ROGGENTIN, P., MIKOLEIT, & WEILL, F. X. Supplement 2008–2010 (no. 48) to the white–Kauffmann–Le minor scheme. **Research in microbiology**, 165(7), 526-530.,2014

ISLAM, M.A; KARBIR, G; ASIF, M; HAMEED, B.H. Combustion kinetic of hydrochar produced from hydrothermal carbonisation of karanj (*Pongamia pennata*)fruit hulls via thermogravimetric analysis. **Bioresource Technology**, 194 (14-20), 2015.

JAYAPRAKASHA, G. K., BAE, H., CROSBY, K., JIFON, J. L., & PATIL, B. S. Bioactive compounds in peppers and their antioxidant potential. In *Hispanic Foods: Chemistry and Bioactive Compounds*, 1109 (pp. 43-56): **American Chemical Society**, 2012.

JAY, J.M. **Microbiologia de alimentos**. Tradução Eduardo Cesar Tondo et al. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

JORGE, N., ANGELO, M.P. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, 66(1), 1–9, 2007.

KONEMAN, E. **Diagnóstico microbiológico**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, . cap. 11, parte 1,2001.

LEAL, A.P.F. Avaliação das Propriedades Farmacológicas dos Extratos Brutos de duas variedades da *Capsicum Chinense* Jacq. **Dissertação** (Mestrado em Biotecnologia). Universidade Católica Dom Bosco. Mato Grosso do Sul, 2012.

LIU, Y.; LAI, Q.; GÖKER, M.; MEIER-KOLTHOFF, J.P.; WANG, M.; SUN, Y.; WANG, L.; SHAO, Z. Genomic insights into the taxonomic status of the *Bacillus cereus* group. **Sci Rep** 5:14082 10.1038/srep14082. PubMed ,2015.

LIMA, M R F; XIMENES, C P A; LUNA, J S; SANT'ANA, A. E. G. The antibiotic activity of some Brazilian medicinal plants. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 16:300-6,2007.

LOURENÇO, K.S.; CORRÊA, J.C.; ERNANI P.R.; LOPES, L.S.; NICOLOSO R.S. Crescimento e absorção de nutrientes pelo feijoeiro adubado com cama de aves e fertilizantes minerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.2, p.462-471, 2013.

MAIA, S.S.S. Propagação, adubação orgânica e níveis de radiação nas características anatômicas e composição de óleo essencial em *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae). 2006. 105f. **Tese** (Doutorado em Agronomia/ Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras.

MAJOWICZ, S. E.; MUSTO, J.; SCALLAN, E.; ANGULO, F. J.; KIRK, M.; O'BRIEN, S. J.; JONES, T.F.; FAZIL, A.; HOEKSTRA, R.M. The global burden of nontyphoidal *Salmonella* gastroenteritis. **Clinical Infectious Diseases**, v. 50, n. 6, p.882-889, 2010. doi: 10.1086/650733.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (editor). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS/UFV, 2009. p.281-298.

MINATEL, I.O.; BORGES, C.V.; FERREIRA, M.I.; GOMEZ, H. A. G., CHEN, C.-Y. O., LIMA, G.P.P. **Phenolic compounds: functional properties, impact of processing and bioavailability**. Chapter 1. Phenolic Compounds - Biological Activity. M. Soto-Hernandez, M. Palma-Tenango & M. d. R. Garcia-Mateos (Eds.). InTech.2017.

MING, L.C. Adubação orgânica no cultivo de *Lippia Alba* (Mill.) N.E.Br. – Verbenaceae. In: MING, L. C. **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu: UNESP, V.1, p.165-192,1998.

MOREIRA, G.R.; CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; RIBEIRO, C.S.C. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário** 27: 16-29, 2006.

OCHOA-ALEJO, N.; RAMÍREZ-MALAGÓN, R. In vitro pepper biotechnology. **In Vitro Cellular Development Biology - Plant**, v.37, n. 6, p.701-729, 2001.

PADILHA, H.K.M.; PEREIRA, E.D.S.; MUNHOZ, P.C.; VIZZOTTO, M.; VALGAS, R.A.; BARBIERI, R.L. Genetic variability for synthesis of bioactive compounds in peppers (*Capsicum annuum*) from Brazil. **Food Science and Technology**, 35, 516-523, 2015.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effectson plants: A review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, p.324-349, 2005.

PENTEADO, Marilene de Vuono Camargo. **Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. 1 ed. São Paulo: Manole, 2003.

PEREIRA, L.S. Peptídeos antimicrobianos de folhas e raízes de *Capsicum annum*l.: caracterização atividade inibitória sobre microrganismos fitopatogênicos. **Dissertação** (Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2019.

PINTO, M. F. et al. Clima, época de sementeira, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenteira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 235, p. 40-49, Novembro/Dezembro 2006.

PONTES, N.C.; FUJINAWA, M.F. Uso de *Bacillus* spp. no controle da mancha bacteriana do tomateiro. In: Goes, A.; Pereira, F.D.; Poloni, N.M. **Tópicos especiais em fitopatologia aplicada**. 1. ed. Jaboticabal: Funep. 1:65-74, 2017.

QUINN, P.J.; MARKEY, B.K.; CARTER, M.E.; DONNELLY, W.J.; LEONARD, F.C. **Microbiologia Veterinária e Doenças Infecciosas**. 1ª ed. Porto Alegre: editora Artmed 512p, 2005.

QUEZADO-DUVAL, A.M.; INOUE-NAGATA, A.K. Mancha bacteriana e geminivirose avançam sobre tomate industrial. **Revista Campo & Negócios** HF 54:44-47, 2009.

QUEZADO-DUVAL, A.M.; LOPES, C.A. **Mancha-bacteriana: uma atualização para o sistema de produção integrada de tomate indústria**. Circular Técnica (Embrapa Hortaliças) 84:1-24, 2010.

RAVISHANKAR, K.; KIRANMAYI, G.V.N; APPA,R.G.V; SOWJANYA, V.V.L; SAINADH, V.B;DURGA, V.G.L; PRASAD, V S; SWAMINAIDU, P.V; PRASAD, T. Preliminary phytochemical screening and in-vitro antibacterial activity of Cucurbita máxima seed extract. **International journal of research in pharmacy and chemistry**. 2:86-91, 2012.

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; RIBEIRO, C.S.C. In: RIBEIRO, C.S.C; CARVALHO, S.I.C.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 11-14, 2008

RIBEIRO, C.M. Avaliação da atividade antimicrobiana de plantas medicinais da Amazônia. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas. Instituto de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Pará, Belém, 2008. 70p.

RIBEIRO, C.S.D.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Genética e melhoramento. In: RIBEIRO, C.S.D.C. **Pimentas Capsicum**. 1. ed. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, Cap. 6, p. 11-14, 2008.

ROMERO-GAMEZ, M.; AUDSLEY, E.; SUAREZ-REY, E.M. Life cycle assessment of cultivating lettuce and escarole in Spain. **J. Clean. Prod**, v. 73, p.193-203, 2014.

ROBERT, S.; CHAMBERS, S. Diagnosis and management of Staphylococcus aureus infections of the skin and soft tissue. **Internal Medicine Journal**. v. 35, n. 2, p. 97-105, 2005.

SÁ, J. M.; JANTALIA, C. P.; TEIXEIRA, P. C.; POLIDORO, J. C.; BENITES, V. M.; ARAÚJO, A. P. Agronomic and P recovery efficiency of organomineral phosphate fertilizer from poultry litter in sandy and clayey soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.9, p.786-793, 2017.

SCHOENI, J.L.; WONG, A.C. Bacillus cereus food poisoning and its toxins. **J Food Prot** 68:636–648, 2005.

STENFORS ARNESEN, L.P.; FAGERLUND, A.; GRANUM, P.E. From soil to gut: bacillus cereus and its food poisoning toxins. **FEMS Microbiologia Revista** 32:579–606, 2008.

SALEHI, B; ZAKARIA, Z.A; GYAWALI, R; IBRAHIM, S.A; RAJKOVIC, J; SHINWARI, Z.K; KHAN, T; SHARIFI-RAD, J; OZLEYEN, A; TURKDONMEZ, E;

VALUSSI, M; TUMER, T.B; MONZOTE, F.L; MARTORELL, M; SETZER, W.N. Piper Species: A Comprehensive Review on Their Phytochemistry, Biological Activities and Applications. **Molecules**. Apr 7;24(7). pii: E1364. doi: 10.3390/molecules24071364, 2019.

SANTOS, A.S. Características Agronômicas, Físico-Químicas e Sensoriais de Linhagens de Pimenta Biquinho Cultivadas em Sistema Orgânico. **Dissertação** apresentada ao programa de Pós-Graduação. Araras, 2018.

SEDIYAMA, M.A.N.; VIDIGAL, S.M.; SANTOS, M.R.; SALGADO, L.T. Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira** 27(3): 294-299, 2009.

SEDIYAMA, M.A.N.; SANTOS, M.R.D.; VIDIGAL, S.; M; PINTO, C.L.D.O.; JACOB, L.L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubados com biofertilizante suíno. **Revista Brasília de engenharia agrícola e ambiental**. V.18, n. 6, p. 558- 59, 2014.

SCHEFFER, M.C. Influência da adubação orgânica sobre a biomassa, o rendimento e a composição do óleo essencial de *Achillea millefolium* L.- mil-folhas. In: **MING, L.** 1998

SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista Nutrição**. 17 (2): 227-236, 2004.

SHUMAN, L. M. Mineral nutrition. In: WILKINSON, R. E. Plant-environment interactions. **New York: Marcel Dekker**, 1994. p.149-182.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista Nutrição*, Campinas, 15(1):71-81,2002.

SOUSA, W.R.N. Caracterização cariotípica de acessos de pimentas (*Capsicum* sp.). Dissertação. Mestrado em Genética e Melhoramento. Universidade Federal do Piauí. Terezina - PI, 2012.

SRINIVASAN, K. Biological Activitus of Red Pepper(*Capsicum annum*)and Its Pungent Principle Capacin :A review .**Critical Reviews in food. Science and Nutrition** v.8393,n. december 2015.

STARK, C.B. **Características e Benefícios da Capsaicina**. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas-RS, 2008.

STEWART, A.J.; CHAPMAN, W.; JENKINS, G.I.; GRAHAM, I.; MARTIN, T.; CROZIER, A. The effect of nitrogen and phosphorus deficiency on flavonol accumulation in plant tissues. **Plant Cell Environ**. 24, 1189–1197,2001.

SUN, H.; GE, X.; LV, Y.; WANG, A. Application of accelerated solvent extraction in the analysis of organic contaminants, bioactive and nutritional compounds in food and feed. **Journal of Chromatography A**, China, v. 1237, p.1-23, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: 6º edição Artmed, 918p, 2017.

TEJADA, M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. Effects of Application of Two Organomineral Fertilizers on Nutrient Leaching Losses and Wheat Crop. **Agronomy Journal**, v.97, n.3, p.960-967, 2005.

TRABULSI, L.R.; ALTERTHUM, F. Microbiologia. 5. ed. São Paulo: Atheneu. 2008.

VANCE, C. P., UHDE-STONE, C, ALLAN, D.L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytol**, v. 157, p.423-447, 2003.

WIEST, J.M.; CARVALHO, H.H.C.; AVANCINI, C.A.M.; GONÇALVES, A.R. Inibição e inativação de Escherichia coli por extratos de plantas com indicativo etnográfico medicinal ou condimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 29(3): 474-480, 2009.

ZHANG, D.; HAMAUZU, Y. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. **Food Chemistry**, London, v. 88, n. 4, p. 503-509, 2004.

ZLOTEK, U.; SWIECA, M.; JAKUBCZYK, A. Effect of abiotic elicitation on main health-promoting compounds, antioxidant activity and commercial quality of butter lettuce. **Food Chemistry**, Lublin, v. 148, p.253-260, 2014.

CAPÍTULO I

Influência da adubação mineral, orgânica e organomineral no crescimento e desenvolvimento de pimenta ‘Cayenne’

RESUMO

QUINTANA, ROSANGELA COELHO. Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, outubro de 2020. Influência da adubação mineral, orgânica e organomineral no crescimento e desenvolvimento de pimenta ‘Cayenne’. Orientadora: Clarice Aparecida Megguer e Coorientador: Emerson Trogello.

A cultura da pimenta necessita de cuidados com seu manejo e adubação para que a planta obtenha crescimento e produção satisfatórios. Diante ao exposto, objetivou-se com este estudo avaliar a influência da adubação mineral, orgânica e organomineral no crescimento e desenvolvimento da pimenta ‘Cayenne’ (*Capsicum annuum*). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, segundo delineamento em blocos ao acaso, com cinco repetições. Os tratamentos consistiram de: T1 – controle, T2 - NPK (adubação mineral), T3 - Esterco Bovino (adubação orgânica), T4 – BIOATIVO (adubação organomineral) e T5 - BIOEF (adubação organomineral). Aos 30, 60 e 90 dias após o transplântio as plantas foram avaliadas quanto às características de crescimento: altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, número de frutos e características de desenvolvimento: índice SPAD, taxa fotossintética (*A*), taxa transpiratória (*E*), relação Ci:Ca, condutância estomática (*gs*) e eficiência do uso da água (EUA). Aos 90 dias a parte aérea foi coletada para determinação da massa da matéria seca. As adubações à base de BIOEF e esterco bovino favoreceram as características de crescimento. O índice SPAD variou de 41,9 a 68,0 e os maiores teores de clorofila foram observados para plantas adubadas com NPK. As trocas gasosas variaram em resposta à adubação. O NPK promoveu maior *A* e EUA e reduziu a relação Ci:Ca aos 30 e 60 dias. O esterco bovino promoveu maiores *A*, *E* e *gs* e menor EUA aos 30 dias. Aos 60 e 90 dias, o BIOEF favoreceu as maiores *E*, Ci:Ca e *gs* e maior fotossíntese aos 60 dias. O esterco bovino e o BIOEF foram os fertilizantes que tiveram maior influência positiva sobre as características de crescimento e desenvolvimento em plantas de pimenta ‘Cayenne’.

Palavras-chave: *Capsicum annuum*, trocas gasosas, fotossíntese, fertilizante mineral, fertilizante organomineral.

ABSTRACT

QUINTANA, ROSANGELA COELHO. Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, October 2020. Influence of mineral, organic and organomineral fertilization on growth and development of 'Cayenne' pepper. Advisor: Clarice Aparecida Megguer and Co-advisor: Emerson Trogello.

Pepper culture requires care with its management and fertilization for plant to obtain satisfactory growth and production. In view of the above, this study was carried out to evaluate the influence of mineral, organic and organomineral fertilization on growth and development of 'Cayenne' pepper (*Capsicum annuum*). The experiment was carried out in a greenhouse, according to a randomized block design, with five replications. The treatments consisted of: T1 - control, T2 - NPK (mineral fertilization), T3 - Bovine manure (organic fertilization), T4 - BIOACTIVE (organomineral fertilization) and T5 -BIOEF (organomineral fertilization). At 30, 60 and 90 days after transplanting (DAT), the plants were evaluated for the growth characteristics: plant height, stem diameter, leaves number, fruits number and development alums: SPAD index, photosynthetic rate (A), transpiration rate (E), $C_i:C_a$ ratio, stomatic conductance (g_s) and water use efficiency (WUE). At 90 DAT, the aerial part was collected to determine the dry matter mass. Bioef and cattle manure-based fertilization favored growth characteristics. The SPAD index ranged from 41.9 to 68.0 and the highest chlorophyll contents were observed for plants fertilized with NPK. Gas exchange varied in response to fertilization. The NPK promoted higher A and WUE and reduced the $C_i:C_a$ ratio to 30 and 60 days. Bovine manure promoted higher A , E and g_s and lower WUE at 30 DAT. At 60 and 90 days, the BIOEF favored the highest E , $C_i:C_a$ and g_s and higher photosynthesis at 60 days. Bovine manure and BIOEF were the fertilizers that had the greatest positive influence on growth and development characteristics in 'Cayenne' pepper plants.

Keywords: *Capsicum annuum*, gas exchange, photosynthesis, mineral fertilizer, organomineral fertilizer.

1. INTRODUÇÃO

Pimentas do gênero *Capsicum* são classificadas taxonomicamente em: Divisão: Spermatophyta; Filo: Angiosperma; Classe: Dicotiledônea; Ordem: Solanales (personatae); Família: Solanacea. Esse gênero é composto a cerca de 35 táxons que são espécies e suas variedades, sendo os táxons classificados de acordo com o nível de domesticação das espécies (ABUD, 2013). As diversas espécies de pimenta podem ser diferenciadas a partir de suas características morfológicas, visualizadas nos frutos e principalmente nas flores. No Brasil, as espécies mais cultivadas são: *Capsicum frutescens*, *C. chinense*, *C. annum* e *C. baccatum* (MOREIRA et al., 2006).

A utilização de fertilizantes minerais ou orgânicos é recomendada para fornecer os nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento da planta. No entanto, a disponibilização do nutriente às plantas depende do tipo de fertilizante, àqueles de fonte orgânica precisam ser mineralizados para posteriormente se tornarem disponíveis para absorção pelo vegetal (ANTILLE et al., 2014).

A adubação adequada no cultivo de *Capsicum* é de suma importância, pois determina na grande maioria das vezes a performance total da cultura. O nutriente tem relação direta por alterar e distribuir os assimilados entre a parte vegetativa e reprodutiva. Além disso, pode-se dizer que é um dos nutrientes absorvidos em maior quantidade pela planta, exercendo influência no crescimento e desenvolvimento da mesma (SOUZA et al., 2015).

Fertilização orgânica como o esterco é uma alternativa em locais com grande produção de animais, principalmente os de sistema confinado, pois é de baixo custo para pequenos e grandes produtores (DE CONTI et al., 2016). A contínua adição de esterco animal pode aumentar o conteúdo do solo de macronutrientes como cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e fósforo (P) (LOURENZI et al., 2016) e de micronutrientes catiônicos (ANDREOLA et al., 2000), bem como como o conteúdo total de carbono orgânico (LOURENZI et al., 2016). Além disso, pode reduzir a atividade do alumínio no solo (BRUNETTO et al., 2012). No entanto, essas fontes possuem em geral, baixa concentração

de nutrientes, impedindo seu transporte e aplicação em áreas distantes do lugar onde eles são produzidos.

Como alternativa à combinação dos benefícios da adubação orgânica e mineral, os chamados fertilizantes organomineral são hoje oferecidos no mercado, resultante da adição de compostos minerais a resíduos orgânicos (SÁ et al., 2017). Entre os benefícios para o solo, é possível destacar a possível redução da adsorção específica de fósforo, pela presença de formas lábil e de Carbono, que pode bloquear a adsorção, ou tornar complexas as formas de Alumínio, Ferro e Cálcio (WENG et al., 2012).

O uso desses fertilizantes também pode reduzir as perdas de nitrogênio pela presença de formas mais recalcitrantes deste elemento, que são limitados a compostos orgânicos (TEJADA et al., 2005). Alguns estudos mostram que fertilizantes organominerais possuem potencial semelhante ao dos fertilizantes minerais, no que diz respeito ao desenvolvimento e rendimento de espécies agrícolas no campo (ANDREOLA et al., 2000; DEEKS et al., 2013).

Objetivou-se com este estudo avaliar a influência da adubação mineral, orgânica e organomineral no crescimento e desenvolvimento de pimenta ‘Cayenne’ (*Capsicum annum*).

2 . MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condições experimentais e obtenção do material vegetal

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no período de 01 de abril a 22 de outubro de 2019, no Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, Morrinhos, Goiás. A cultivar utilizada foi a pimenta ‘Cayenne’ (*Capsicum annum*). As mudas foram feitas a partir de sementes doadas pela ISLA, que por sua vez foram semeadas em sementeiras com substrato Plantio Verde (Goiás, Brasil). Após 30 dias da semeadura, as mudas foram transplantadas para vasos com volume de 8 L/ cada, com 7 kg de solo previamente corrigido com base na análise química (Tabela 1), compondo o total de 125 vasos.

Tabela 1. Análise química do solo realizada pela Solocria Laboratório Agropecuário Ltda nº (029276) em 22/03/2019.

MACRONUTRIENTES		MICRONUTRIENTES
cmol/dm ³ (mE/100 mL)	mg/dm ³ (ppm)	mg/dm ³ (ppm)

Ca	Mg	Al	H+Al	K	K	P (melich)		Zn		
0,5	0,3	0,1	2,8	0,07	26,5	1,2		1,1		
DADOS COMPLEMENTARES										
CT	Sat.	Sat. Al	Ca/M	Ca/CT	Mg/CT	K/CT	H+Al/CT	M.O.	Carbon	pH
C	Bases		g	C	C	C	C	g/dm ³	o	(CaCl ₂)
									g/dm ³	
3,67	23,71 %	10,31 %	1,67	13,62%	8,17%	1,91%	76,29%	19,0	11,0	4,9

O estudo foi conduzido seguindo delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições e os tratamentos consistiram em: 1- Controle (Solo com as devidas correções); 2- NPK (10-10-10; 30,0 g por vaso); 3- Esterco bovino curtido (1,5g de adubo orgânico por vaso); 4- BIOATIVO (9,03 g do adubo organomineral por vaso); 5- BIOEF (90,30 g de adubo organomineral por vaso). As quantidades empregadas foram as mesmas recomendadas pelo fabricante dos organominerais para a cultura da pimenta. A irrigação foi realizada até a floração três vezes ao dia e após a presença dos frutos cinco vezes ao dia por dois minutos.

Aos 30, 60 e 90 dias após o transplântio (DAT) foram determinadas a altura de planta, número de folhas e frutos, diâmetro do caule, teor de clorofila e trocas gasosas. Aos 90 dias a parte aérea foi coletada para determinação da massa da matéria seca. As variáveis analisadas estão descritas a seguir:

- Altura de planta: determinada com o auxílio de régua graduada, medindo-se da região do colo até o meristema apical caulinar;
- Número de folhas e frutos: contados manualmente;
- Diâmetro de caule: obtido com o uso de paquímetro digital (Toolsworld, MTX-316119, Brasil);
- Teor de clorofila ou índice SPAD (Soil Plant Analysis Development): foram realizadas dez medições em cada folha das porções basal, mediana e apical, com o auxílio de clorofilômetro (SPAD 502, Minolta, Japão);
- Trocas gasosas: as avaliações foram realizadas no horário compreendido entre as 08h30min e 11h30min em folhas completamente expandidas utilizando analisador de gases no infravermelho (IRGA) de sistema aberto (LI-6800, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA), equipado com câmara de fluorescência integrada a um fluorômetro multifase (MPF) (LI-6800-01, LI-COR Inc., Lincoln, NE,

USA). Durante as medições, foi utilizada densidade constante de fluxo de fótons de $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de luz actínica. A fonte de luz utilizada foi a luz do MPF. A umidade relativa dentro da câmara foi mantida em 50% e a concentração de CO_2 , em $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$. A temperatura do ar dentro da câmara foi monitorada com sensor 20 termoeletrónico localizado na parte inferior da câmara, mantida em 25°C . As plantas foram avaliadas quanto à fotossíntese (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e quanto à relação entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a). Calculou-se, também, a eficiência do uso da água (EUA, $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$) seguindo a equação $\text{EUA}=A/E$.

- f) Massa da matéria seca: por ser uma análise destrutiva, esta avaliação foi realizada somente aos 90 dias. A massa da matéria seca foi obtida pelo método convencional, que utiliza estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, a temperatura média de 65°C , até atingir massa constante.

2.3 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias dos dados comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, pelo software SISVAR 5.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação utilizada no presente estudo interferiu significativamente nas características de crescimento e desenvolvimento de pimenta ‘Cayenne’.

As análises de altura da planta mostram que aos 30 dias o esterco bovino promoveu maior crescimento (Tabela 2). E, aos 60 e 90 dias a maior altura das plantas foi verificada naquelas plantas adubadas com esterco bovino e BIOEF (Tabela 3 e 4). As variáveis diâmetro do caule, nº de folhas e nº de frutos não foi afetada, aos 30 dias, pelos tratamentos impostos. Nesta mesma época, verificou-se que plantas do tratamento controle tiveram menores teores de clorofila ($41,90 \pm 1,37$) e não foi verificada diferença estatística entre os demais tratamentos e os teores variaram de 50,5 a 56,3 índice SPAD (Tabela 2).

Viana et al. (2016), verificaram que a medição da altura das plantas de pimentão, teve efeito em uma parcela na qual foi ofertada maior quantidade de adubos. A altura de plantas é uma das particularidades de cada cultivar e isso explica as diferenças encontradas. (ESPÍNDULA et al., 2009).

TABELA 2. Valores médios de altura de planta, diâmetro do caule, n° de folhas, n° de frutos e índice SPAD em plantas de pimenta ‘Cayenne’ tratadas com diferentes fertilizantes e avaliadas aos 30 dias após o transplântio.

TRATAMENTO	Altura de planta (cm)	Diâmetro do caule (mm)	N° de Folhas	N° de Frutos	Índice SPAD
Controle	4,56±0,35 ^C	1,59±0,07 ^A	6,20±0,84 ^A	0,00±0,00 ^A	41,90±1,37 ^B
NPK	5,01±0,61 ^B	3,22±0,36 ^A	10,60±6,19 ^A	0,00±0,00 ^A	56,34±2,34 ^A
Esterco bovino	5,88±0,89 ^A	1,87±0,09 ^A	8,60±2,07 ^A	0,00±0,00 ^A	54,14±4,37 ^A
Bioativo	4,30±0,34 ^C	1,56±0,11 ^A	7,00±0,00 ^A	0,00±0,00 ^A	50,52±4,40 ^A
BIOEF	5,16±0,28 ^B	1,69±0,09 ^A	7,40±0,55 ^A	0,00±0,00 ^A	52,96±2,66 ^A

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre os tratamentos pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

TABELA 3. Valores médios de altura de planta, diâmetro do caule, n° de folhas, n° de frutos e índice SPAD em plantas de pimenta ‘Cayenne’ tratadas com diferentes fertilizantes e avaliadas aos 60 dias após o transplântio.

TRATAMENTO	Altura de planta (cm)	Diâmetro do caule (mm)	N° de Folhas	N° de Frutos	Índice SPAD
Controle	6,13±0,65 ^B	1,81±0,09 ^B	7,20±0,84 ^B	0,20±0,45 ^A	54,52±2,40 ^B
NPK	8,42±2,52 ^B	2,13±0,47 ^A	10,40±3,36 ^B	1,40±1,34 ^A	68,02±1,51 ^A
Esterco bovino	10,61±1,50 ^A	2,42±0,13 ^A	15,40±3,21 ^A	1,20±1,79 ^A	59,82±4,81 ^B
Bioativo	6,99±1,31 ^B	1,84±0,19 ^B	9,40±1,67 ^B	0,20±0,45 ^A	57,94±4,08 ^B
BIOEF	11,12±1,41 ^A	2,24±0,20 ^A	16,20±3,70 ^A	0,80±1,30 ^A	61,32±3,39 ^B

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre os tratamentos pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

TABELA 4. Valores médio de altura de planta, diâmetro do caule, n° de folhas, n° de frutos e índice SPAD em plantas de pimenta ‘Cayenne’ tratadas com diferentes fertilizantes e avaliadas aos 90 dias após o transplântio.

TRATAMENTO	Altura de planta (cm)	Diâmetro do caule (mm)	N° de Folhas	N° de Frutos	Índice SPAD
Controle	9,22±1,42 ^B	2,27±0,12 ^C	11,80±5,63 ^C	0,40±0,55 ^B	50,66±5,37 ^D
NPK	15,44±5,25 ^B	3,19±0,93 ^B	26,20±10,33 ^B	10,40±10,50 ^A	66,46±1,13 ^A
Esterco bovino	25,31±4,76 ^A	3,99±0,58 ^A	34,20±4,76 ^A	12,60±5,41 ^A	58,36±5,06 ^C
Bioativo	12,28±2,45 ^B	2,62±0,24 ^C	23,20±5,36 ^B	2,20±1,30 ^B	55,40±4,25 ^C
BIOEF	27,94±2,59 ^A	4,26±0,49 ^A	32,20±6,38 ^A	15,80±4,60 ^A	61,00±2,79 ^B

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Aos 60 dias foi observado que os fertilizantes NPK, esterco bovino e BIOEF promoveram incremento a cerca de 25% no diâmetro do caule das pimentas (Tabela 3). E, aos 90 dias as plantas adubadas com esterco bovino e BIOEF tiveram aumento a cerca de 70% (4,13 mm) no diâmetro do caule em relação ao tratamento controle (2,27 mm) e Bioativo (2,62 mm) (Tabela 4).

Comportamento semelhante foram observados em pimentas ornamentais adubadas com fertilizantes de liberação lenta e convencional, ou seja, os maiores diâmetros foram verificados naquelas plantas tratadas com fontes de liberação lenta (BACKS et al., 2007).

Para a variável número de folhas, plantas tratadas com esterco bovino e BIOEF tiveram em média 16 e 33 folhas emitidas aos 60 e 90 dias. Aos 60 dias o número de folhas emitidas nesses tratamentos foi 75% superior e significativamente diferente em relação as plantas dos tratamentos NPK, Bioativo e controle. Já aos 90 dias, o aumento de quase 180% foi verificado para as plantas adubadas com esterco bovino (34,2 folhas) e BIOEF (32,2 folhas) em comparação ao tratamento controle (11,8 folhas) (Tabela 3 e 4).

Rodrigues et al. (2014) verificaram que nas condições que desenvolveram o experimento mostraram que as doses de adubos contendo nitrogênio e fósforo influenciaram na produção de folhas dessa cultura.

A maior quantidade de folhas representa maior área foliar e isto contribui na otimização e aproveitamento luminoso, uma vez que, esta característica está associada com a capacidade de interceptação da radiação solar incidente (SPANN, 2010), e quanto maior for o valor, sugere-se que há maior produção, favorecendo o desenvolvimento da planta (SANTO, 2019), pois os nutrientes têm relação direta por alterar e distribuir os fotoassimilados entre a parte vegetativa e reprodutiva (SOUZA, 2015).

Em relação ao número de frutos, diferenças significativas foram observadas somente aos 90 dias. As plantas dos tratamentos NPK, esterco bovino e BIOEF tiveram a produção média por planta de 10,4, 12,6 e 15,8 frutos contra 0,4 e 2,2 frutos por plantas nos tratamentos controle e Bioativo, respectivamente (Tabela 4). Mostrando que o esterco bovino e BIOEF apesar de terem lenta mineralização dos nutrientes da matéria orgânica foram eficientes na produção dos frutos.

O maior teor de clorofila ($68,02 \pm 1,51$) foi observado aos 60 dias em plantas adubadas com NPK, cujo valor foi significativamente diferente em relação aos demais tratamentos (Tabela 3). Aos 90 dias os menores teores foram significativamente diferentes e quantificados em plantas do tratamento controle ($50,66 \pm 5,37$) e os maiores nos tratamentos NPK ($66,46 \pm 1,13$) e BIOEF ($61 \pm 2,79$) (Tabela 4).

Segundo Salla et al. (2007), a determinação dos teores de clorofila da folha é importante, porque a atividade fotossintética da planta depende em parte da capacidade da folha para absorver luz. Teixeira Filho et al. (2010) observam, na cultura do trigo aumento nos valores de índice SPAD em resposta às doses de nitrogênio. O clorofilômetro infere os teores de clorofila em função das doses de nitrogênio nos tecidos. Isso corrobora com os resultados encontrados neste trabalho, uma vez que o melhor tratamento foi à adubação mineral rica em nitrogênio.

Ferreira et al. (2006) observaram que ao aumentar as doses de N, o valor da leitura SPAD aumentaram. Contudo a observação foi feita para avaliar a estimativa do teor de N-orgânico na matéria seca do limbo foliar a partir das leituras SPAD.

Com relação à massa da matéria seca, variável relacionada com altura de planta e número de folhas, foi observada os melhores resultados quando a cultura foi submetida aos tratamentos BIOEF e esterco bovino (Figura 1).

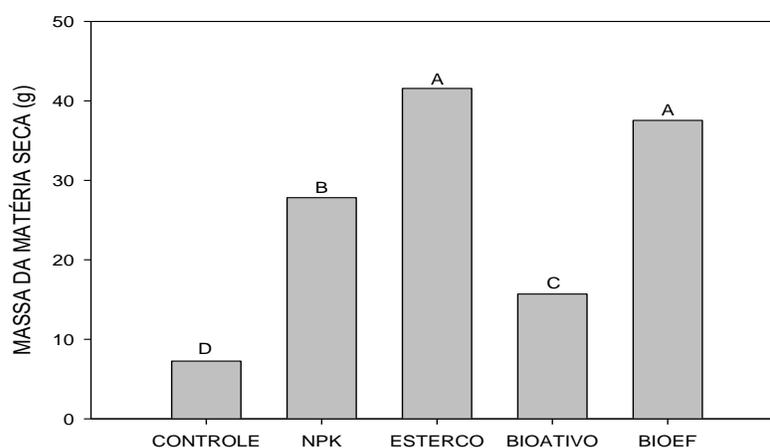


Figura 1. Massa média da matéria seca da parte aérea em plantas de pimenta ‘Cayenne’ submetidas a adubação mineral, orgânica e organomineral.

Plantas foram extraídas do solo aos 90 dias após o transplântio. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As trocas gasosas foram afetadas significativamente pelos tratamentos impostos (Tabela 5, 6 e 7). As maiores taxas fotossintéticas foram observadas nos tratamentos NPK ($9,30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e esterco bovino ($11,20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) aos 30 dias, e diferiram estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 5). Aos 60 dias a fotossíntese foi significativamente superior nos tratamentos NPK ($12,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e BIOEF ($15,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em relação aos demais tratamentos (Tabela 6). E, aos 90 dias a fotossíntese não foi influenciada dos tratamentos empregados (Tabela 7). Os valores encontrados no presente estudo estão de acordo com os observados em outras variedades de *Capsicum annum* cultivadas em habitat indígena (ERWIN et al., 2019).

As variações nas taxas fotossintéticas entre os tratamentos pode ser uma resposta à presença do fósforo, uma vez que este elemento está associado com a redução de trioses fosfato usada durante a produção de adenosina trifosfato (ATP) e fosfato de dinucleotídeo de adenina e nicotinamida (NADPH), assegurando o metabolismo fotossintético (DOMINGUES et al., 2010).

TABELA 5. Taxa fotossintética (*A*), taxa transpiratória (*E*), condutância estomática (*gs*), relação entre a concentração interna e externa de CO_2 (*Ci:Ca*) e eficiência do uso da água (*EUA*) em plantas de pimenta ‘Cayenne’ tratadas com diferentes fertilizantes e avaliadas aos 30 dias após o transplântio.

TRATAMENTO	<i>A</i> ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	<i>E</i> ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	<i>gs</i>	<i>Ci:Ca</i>	<i>EUA</i>
Controle	4,35±2,44 ^B	0,0008±0,0004 ^C	0,068±0,058 ^C	0,649±0,07 ^A	4,00±0,29 ^A
NPK	9,30±4,31 ^A	0,0034±0,0018 ^B	0,167±0,088 ^B	0,494±0,16 ^B	4,47±1,36 ^A
Esterco bovino	11,20±0,96 ^A	0,0053±0,0015 ^A	0,286±0,097 ^A	0,775±0,06 ^A	2,48±0,49 ^B
Bioativo	2,53±1,00 ^B	0,0008±0,0005 ^C	0,038±0,024 ^C	0,705±0,09 ^A	3,96±1,20 ^A
BIOEF	4,83±1,80 ^B	0,0022±0,0013 ^C	0,104±0,061 ^C	0,751±0,08 ^A	2,76±0,76 ^B

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

TABELA 6. Taxa fotossintética (*A*), taxa transpiratória (*E*), condutância estomática (*gs*), relação entre a concentração interna e externa de CO₂ (*Ci:Ca*) e eficiência do uso da água (*EUA*) em plantas de pimenta Cayenne tratadas com diferentes fertilizantes e avaliadas aos 60 dias após o transplântio.

TRATAMENTO	<i>A</i> ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	<i>E</i> ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	<i>gs</i>	<i>Ci:Ca</i>	<i>EUA</i>
Controle	2,99±1,34 ^C	0,0017±0,0012 ^B	0,132±0,075 ^B	0,755±0,12 ^A	2,33±1,04 ^B
NPK	12,06±1,33 ^A	0,0024±0,0003 ^B	0,124±0,012 ^B	0,545±0,06 ^B	5,27±0,85 ^A
Esterco bovino	7,73±2,81 ^B	0,0024±0,0009 ^B	0,131±0,049 ^B	0,713±0,10 ^A	3,72±0,91 ^B
Bioativo	6,27±2,83 ^B	0,0021±0,0003 ^B	0,108±0,016 ^B	0,690±0,14 ^A	3,19±1,48 ^B
BIOEF	15,06±4,30 ^A	0,0043±0,0013 ^A	0,240±0,072 ^A	0,730±0,07 ^A	3,43±0,27 ^B

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

TABELA 7. Taxa fotossintética (*A*), taxa transpiratória (*E*), condutância estomática (*gs*), relação entre a concentração interna e externa de CO₂ (*Ci:Ca*) e eficiência do uso da água (*EUA*) em plantas de pimenta Cayenne tratadas com diferentes fertilizantes e avaliadas aos 90 dias após o transplântio.

TRATAMENTO	<i>A</i> ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	<i>E</i> ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	<i>gs</i>	<i>Ci:Ca</i>	<i>EUA</i>
Controle	5,11±1,47 ^A	0,0010±0,0001 ^B	0,052±0,015 ^B	0,594±0,06 ^A	4,55±1,28 ^B
NPK	7,62±1,54 ^A	0,0019±0,0008 ^B	0,075±0,023 ^B	0,569±0,06 ^A	4,50±1,00 ^B
Esterco bovino	8,53±1,33 ^A	0,0016±0,0004 ^B	0,071±0,022 ^B	0,435±0,04 ^B	5,51±0,50 ^A
Bioativo	9,79±4,53 ^A	0,0019±0,0017 ^B	0,066±0,054 ^B	0,457±0,14 ^B	6,38±1,31 ^A
BIOEF	10,75±3,42 ^A	0,0035±0,0015 ^A	0,166±0,075 ^A	0,602±0,12 ^A	3,88±1,12 ^B

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

As variáveis, taxa transpiratória (*E*) e condutância estomática (*gs*), aos 30 dias, foram maiores em plantas adubadas com esterco bovino (Tabela 5). Já aos 60 dias o BIOEF influenciou no aumento dessas variáveis (Tabela 6). Comportamento que se manteve aos 90 dias (Tabela 7).

A *E* e *gs* são determinantes no processo fotossintético e metabolismo de carbono nas espécies vegetais, uma vez que afetam a difusão do CO₂ da atmosfera para a cavidade subestomática (AINSWORTH e ROGERS, 2007). Os maiores valores observados para *E* e *gs* no presente estudo corroboram com as maiores taxas fotossintéticas. Pelo fato que a transpiração é um processo que favorece a absorção de água e nutrientes e promove a abertura estomática, desta forma, na transpiração a folha perde vapor d'água e em contrapartida absorve o CO₂ que posteriormente será carboxilado no ciclo de Calvin levando a síntese de carboidratos e maior ganho de massa da matéria seca e produção.

A quantidade de CO₂ na cavidade subestomática também é determinante para a *gs*. A elevação na concentração interna de CO₂ leva a redução na abertura do ostíolo e por consequência reduz a *gs* criando resistência para a perda de vapor d'água e absorção de CO₂, podendo refletir em redução na síntese de carboidratos.

Aos 30 dias, plantas de pimenta submetidas ao tratamento com NPK tiveram menor relação Ci:Ca e a eficiência no uso da água foi maior significativamente para os tratamentos controle, NPK e bioativo, em comparação ao esterco bovino e BIOEF (Tabela 5). Ao comparar estes dados com a A, verifica-se que as plantas adubadas com NPK mesmo com baixa relação Ci:Ca foram capazes de manter o processo fotossintético, indicando maior eficiência na carboxilação do CO₂. Já para o tratamento esterco bovino foi observado menor EUA e maior Ci:Ca, indicando que o carbono interno foi capaz de manter a maior taxa fotossintética.

A relação Ci:Ca foi menor em plantas adubadas com NPK, em relação aos demais tratamentos e comportamento inverso foi verificado para a variável EUA, aos 60 dias (Tabela 6). A variação na relação Ci:Ca e EUA não interferiu nas taxas fotossintéticas aos 90 dias, mas foi verificado maior Ci:Ca nos tratamentos controle, NPK e BIOEF e maior EUA para os tratamentos esterco bovino e Bioativo.

Ao comparar os resultados de trocas gasosas com as características de crescimento como altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas e massa da matéria seca, constatando que o esterco bovino e o BIOEF favoreceram incrementos nas variáveis A, E e *gs* e estas por sua vez levaram ao incremento nas características de crescimento.

4. CONCLUSÃO

A adubação influenciou de forma positiva o crescimento e desenvolvimento de plantas de pimenta 'Cayenne'. As melhores respostas foram obtidas pela adubação orgânica (esterco bovino) e o organomineral (BIOEF). Novos estudos devem ser desenvolvidos para identificar se dosagens mais elevadas do organomineral bioativo podem favorecer o crescimento de pimenta "cayenne".

O BIOEF e o esterco bovino são alternativos de fácil acesso ao produtor rural e de menor custo comparados a adubação convencional, e ainda contribuem para a sustentabilidade do sistema de produção de hortaliças.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUD, F.H. **Caracterização de frutos, histoquímica e qualidade fisiológica de sementes de pimenta durante a maturação.** Universidade Federal de Viçosa – Mg, 2013.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; MENDONÇA, E. S.; OLSZEWSKI, N. Propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.3, p.609-620, 2000.

ANTILLE, D. L.; SAKRABANI, R.; GODWIN, J. Effects of biosolids-derived organomineral fertilizers, urea, and biosolids granules on crop and soil established with Riegrass (*Lolium perenne* L.). **Communications in soil science and plant analysis**, v.45, n.12, p.1605-1621, 2014.

BRUNETTO, G.; COMIN, J. J.; SCHMITT, D. E.; GUARDINI, R.; MEZZARI, C. P.; OLIVEIRA, B. S.; MORAES, M. P.; GATIBONI, L. C.; LOVATO, P. E.; CERETTA, C. A. Changes in soil acidity and organic carbon in a sandy typic hapludalf after médium-term pig-slurry and deep-litter application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p.1620-1628, 2012.

DEEKS, L.; CHANEY, K.; MURRAY, C.; SAKRABANI, R.; GEDARA, S.; LE, M.; TYRREL, S.; PAWLETT, M.; READ, R.; SMITH, G. A new sludge-derived organo-mineral fertilizer gives similar crop yields as conventional fertilizers. **Agronomy for Sustainable Development**, v.33, n.3, p.539-549, 2013.

DE CONTI, L.; CERETTA, C. A.; FERREIRA, P. A. A.; LOURENZI, C. R.; GIROTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T. L.; MARCHEZAN, C.; ANCHIETA, M. G.; BRUNETTO, G. Soil solution concentrations and chemical species of copper and zinc in a soil with a history of pig slurry application and plant cultivation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.216, p.374-386, 2016.

DOMINGUES, T.F.; MEIR, P.; FELDPAUSCH, T.R.; SAIZ, G.; VEENENDAAL, E.M.; SCHRODT, F.; BEID, M.; DJAGBLETEY, G.; HIEN, F.; CAMPAORE, H.; DIALLO, A.; GRACE, J.; LLOYD, J. Co-limitation of photosynthetic capacity by nitrogen and phosphorus in West Africa Woodlands. **Plant Cell and Environment**. 2010.

ERWIN, J.; HUSSEIN, T.; BAUMLER, D.L. Pepper Photosynthesis, Stomatal Conductance, Transpiration, and Water Use Efficiency Differ with Variety, Indigenous Habitat, and Species of Origin. **American Society for Horticultural Science**, 54 (10), p. 1662-1666, 2019.

FERREIRA, M. M. M; FERREIRA ,G.B; FONTES, P.C.R; DANTAS, J.P. Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica, em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres** 53: 83-92, 2006.

HERRERA, W.F.B.; RODRIGUES, M.; TELES, A.P.B.; BARTH, G.; PAVINATO, P.S. Crop yields and soil phosphorus lability under soluble and humiccomplexed phosphate fertilizers. **Soil Fertility & Crop Nutrition**, v.108, n.4, p.1-11, 2016.

LOURENZI, C. R.; SCHERER, E. E.; CERETTA, C. A.; TIECHER, T. L.; CANCIAN, A.; FERREIRA, A. A.; BRUNETTO, G. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejetos líquido de suínos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.3, p.233-242, 2016.

MOREIRA, G.R.; CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; RIBEIRO, C.S.C. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário**, v. 27, p.16-29,2006.

RODRIGUES, D.S.; CAMARGO, M.S.; NOMURA, E.S.; GARCIA, V.A.; CORREA, J.N, VIDAL, T.C.M. Influência da adubação com nitrogênio e fósforo na produção de Jambu, *Acmellaoleracea* (L) R.K. Jansen. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai.**, Campinas, v.16, n.1, p.71-76, 2014.

SÁ, J. M.; JANTALIA, C. P.; TEIXEIRA, P. C.; POLIDORO, J. C.; BENITES, V. M.; ARAÚJO, A. P. Agronomic and P recovery efficiency of organomineral phosphate fertilizer from poultry litter in sandy and clayey soils. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.9, p.786-793, 2017.

SOUZA, M.A.V. Qualidade Fisiológica de Sementes de Capsicum chinense Jacquin em Função de Fontes e Doses de Nitrogênio. **Tese** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), 2015.

SPANN, T.M.; HEEREMA, R.J. A simple method for non-destructive estimation of total shoot leaf area in tree fruit crops. **Sci Horticulturae**, 125(3), p.528-533,2010

TEJADA, M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. Effects of Application of Two Organomineral Fertilizers on Nutrient Leaching Losses and Wheat Crop. **Agronomy Journal**, v.97, n.3, p.960-967, 2005.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ALVAREZ, R. C. F.; FREITAS, J. G.; ARF, 35 O.; SÁ, M. E. Resposta de cultivares de trigo irrigado por aspersão ao nitrogênio em cobertura na região do Cerrado. **Acta Scientiarum-Agronomy, Maringá**, v.29, n.3, p.421-425, 2010.

WENG, L.; VAN RIEMSDIJK, W.; HIEMSTRA, T. Factors Controlling Phosphate Interaction with Iron Oxides. **Journal of Environmental Quality**, v.41, n.3, p.628-635, 2012.

SANTO, C.C.; GOELZER, A.J.; SILVERIO, J.M.; SCALON, S.P.Q.; HEREDIA ZÁRATE, N.A.; VIEIRA, M.C. Capacidade vegetativa e trocas gasosas em mudas de *Pereskia aculeata* Plum em diferentes substratos. **Scientia Plena**, v.15 ,2019.

CAPÍTULO II

Teor de antioxidantes e atividade antimicrobiana em pimenta ‘Cayenne’ submetidas à diferentes adubações

RESUMO

QUINTANA, ROSANGELA COELHO. Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, outubro de 2020. Potencial antioxidante e antimicrobiano em pimenta ‘Cayenne’ (*Capsicum annum*) em resposta a adubação. Orientadora: Clarice Aparecida Megguer e coorientador: Emerson Trogello.

Os interesses no consumo de frutos de pimenta (*Capsicum annum* L.) é, em grande parte, pelo seu conteúdo de compostos bioativos e sua importância como antioxidantes dietéticos. As pimentas são usadas como corante, aromatizante e/ou como fonte de pungência podem ser usadas frescas, secas, fermentadas ou como extrato de oleoresina e possui importância nutricional e nutracêutica. Objetivou-se com o presente estudo identificar a influência da adubação mineral, orgânica e organomineral na quantificação de antioxidantes e atividade antimicrobiana em extrato hidroalcolico de pimenta ‘Cayenne’ (*Capsicum annum*) incluindo os compostos fenólicos totais, vitamina C e antocianinas. Os frutos foram coletados e selecionados quanto a aparência, estágio de maturação e em seguida higienizados. Foram secos em estufa de circulação forçada e depois triturado em moinho de facas. Os resultados indicaram que o tratamento com maiores teor de compostos fenólicos corresponde ao BIOEF, com relação aos antioxidantes o DPPH todos os tratamentos

diferiram do controle, no ABTS o NPK foi a melhor resposta e no FRAP tanto o controle como o esterco bovino apresentaram maiores quantificações. Quanto aos teores de antocianinas não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. O teor de ácido ascórbico foi maior no tratamento com BIOEF. Com relação a atividade antimicrobiana apenas as bactérias *S. enterica* e *X. perforans* foram inibidas de forma fraca a moderada pelo extrato hidroalcolico.

Palavras-chaves: *Capsicum annum*, adubação orgânica, adubação organomineral, controle microbiano.

ABSTRACT

QUINTANA, ROSANGELA COELHO. Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, October 2020. Antioxidant and antimicrobial potential in 'Cayenne' pepper (*Capsicum annum*) in response to fertilization. Advisor: Clarice Aparecida Megguer and Co-advisor: Emerson Trogello.

The interests in the consumption of pepper fruits (*Capsicum annum* L.) is largely due to its content of bioactive compounds and its importance as dietary antioxidants. Peppers are used as dye, flavoring and/or as a source of pungency. Peppers can be used fresh, dried, fermented or as oleoresin extract. It has nutritional importance and nutraceutical. The objective of this study was to identify the influence of mineral, organic and organomineral fertilization on the quantification of antioxidants and antimicrobial activity in hydroalcoholic extract of 'Cayenne' pepper (*Capsicum annum*) including total phenolic compounds, vitamin C and anthocyanins. The fruits were collected and selected for appearance, maturation stage and then sanitized. They were dried in a forced circulation greenhouse and then crushed in a knife mill. The results indicated that the treatment with higher content of phenolic compounds corresponds to BIOEF, with respect to antioxidants DPPH all treatments differed from the control, in ABTS the NPK was the best response and in FRAP both the control and the cattle manure showed higher quantifications. As for anthocyanin levels, there were no significant differences between treatments. The ascorbic acid content was higher in the treatment with BIOEF. Regarding antimicrobial activity,

only the *S. enterica* and *X. perforans* bacteria were weakly to moderately inhibited by the hydroalcoholic extract.

Key words: *Capsicum annum*, organic fertilization, organomineral fertilization, microbial control.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Capsicum* é constituído por 25 espécies selvagens e 5 espécies domesticadas, incluindo *C. annum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* e *C. pubescens*. Essas espécies contêm mais de 200 cultivares. As pimentas *capsicum* são ricas em capseinoides, carotenoides, algumas com atividade pró-vitamina, flavonoides, ácidos ascórbicos tocoferóis (TROCONIS et al., 2012).

As classes dos compostos fenólicos apresentam grande diversidade e podem interagir com espécies reativas de oxigênio e nitrogênio e terminar a reação em cadeia antes da viabilidade celular ser seriamente afetada. Entre as bioatividades dos compostos fenólicos, as atividades antioxidantes têm sido amplamente estudadas (OLIVEIRA, 2018).

A atividade antioxidante de compostos fenólicos está relacionada principalmente com suas propriedades de óxido-redução, as quais podem desempenhar importante papel na absorção e neutralização de radicais livres, quelando o oxigênio ou decompondo peróxidos (GARCÍA, 2017).

Pode-se observar a existência de inúmeros tipos de flavonoides, mas o grupo que confere maior variabilidade de pigmentos e conseqüentemente uma atividade antioxidante e antimicrobiana considerada são as antocianinas que são responsáveis pela maioria das cores que podem ser utilizadas em formulações alimentícias como, vermelha, roxa, rosa, azul, que são observadas e extraídas a partir de vegetais e serão tratadas na seção seguinte (CORDEIRO, 2013).

A quantidade e composição desses metabólitos secundários variam entre genótipos e são afetados por muitas condições como maturidade do fruto, sistema de cultivo e métodos de processamento. Desta forma, diversos estudos vêm sendo desenvolvidos direcionados ao uso de extratos provenientes de plantas com o intuito de descobrir

propriedades farmacológicas para a produção de novos fármacos ou produtos para indústrias de alimentos como a obtenção novos agentes antimicrobianos que possuam atividade comparada ao tradicionalmente utilizados, porém, com menor toxicidade e maior eficiência (SIMONETTI et al., 2016; BONA et al., 2014).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a quantificação de compostos fenólicos e antioxidantes, bem a atividade antimicrobiana da pimenta cayenne sob diferentes adubações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condições experimentais e materiais vegetais

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no período de 01 de abril a 22 de outubro de 2019, no Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, Morrinhos, Goiás. A cultivar utilizada foi a pimenta ‘Cayenne’ (*Capsicum annuum*), as mudas foram de sementes doadas pela ISLA, estas por sua vez foram semeadas em sementeiras com substrato da marca Plantio Verde. Aos 30 dias após a semeadura, as mudas foram transplantadas para vasos com volume de 8 L/cada com 7 kg de solo previamente corrigido (Anexo 1) e adicionado os tratamentos.

2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Foram cinco tratamentos, seguindo um delineamento de cinco blocos ao acaso com cinco repetições. Os tratamentos foram: T1- controle (solo); T2- NPK (Nitrogênio-Fósforo-Potássio, nas proporções 10-10-10); T3- esterco bovino estabilizado (orgânico), T4- BIOATIVO (organomineral) e T5- BIOEF (organomineral).

2.3 Obtenção e preparação das pimentas

Foram utilizados frutos totalmente maduros (coloração vermelha) da pimenta ‘Cayenne’ selecionados conforme coloração e estágio de maturação uniforme, lavados e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio (200 mL de NaClO em 10 L de água por 15

minutos). Em seguida, as amostras foram lavadas com água destilada, retirados os talos e cortados, sendo então submetidas a etapas de secagem.

Após o corte, as amostras foram desidratadas a temperatura de 40°C, $\pm 2^\circ\text{C}$, utilizando estufa com circulação de ar para redução da umidade ($<10\%$), posteriormente foram trituradas em moinho de facas para a obtenção de pó homogêneo. Em seguida o material foi submetido em embalagem plástica e outra laminada e congeladas a -18°C , retiradas apenas na hora do preparo dos extratos. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

2.4 Obtenção do extrato hidroetanólico

O extrato hidroetanólico de *Capsicum annuum* foi obtido empregando razão inicial de 1:20 fruto por volume de solvente (m:v). A amostra (1 g) foi adicionada em 20 mL de solvente (50% água ultrapura e 50% álcool etílico absoluto) e colocada em béquer coberto com folha de alumínio para evitar a luminosidade. O conteúdo foi agitado à temperatura ambiente durante 1 hora em agitador a 150 RPM, em seguida, a solução foi filtrada com papel de filtro Whatman nº 4, e o volume final ajustado para 20 mL com solvente, posteriormente acondicionados em frascos de vidro âmbar, selado e armazenado em freezer (-18°C). O extrato foi utilizado na determinação de compostos fenólicos, atividade antioxidante e atividade antimicrobiana.

2.5 Determinação dos compostos fenólicos totais

O teor de compostos fenólicos, no extrato hidroetanólico foi determinado em espectrofotômetro (Bel UV-M 51), a 750 nm, utilizando o reagente Folin-Ciocalteu, segundo Waterhouse (2002). A quantificação foi baseada no estabelecimento da curva padrão de ácido gálico, na faixa de 5 a 50 mg. L⁻¹, obtendo-se equação da reta e regressão linear expressa por $y = 0,001 x + 0,00064$, com $R^2 = 0,9997$. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 gramas de amostra.

2.6 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi avaliada utilizando três métodos:

- 1) Atividade antioxidante (ABTS): A capacidade de sequestrar o radical 2,2 –azino - “bis- (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico (ABTS) foi determinada segundo o método descrito por Re et al. (1999). Em ambiente escuro transferiu uma alíquota de 30 µL do extrato hidroetanólico para tubos de ensaio com 3,0 mL do radical ABTS, homogeneizou-se em agitador de tubos, deixando em repouso por 6 minutos e então realizada a leitura em espectrofotômetro (Bel UV-M 51) a 734 nm. Obtendo-se a equação da reta e regressão linear expressa por $y = 0,00028 x + 0,60975$, com $R^2 = 0,9992$.
- 2) Atividade antioxidante (DPPH): O potencial antioxidante foi determinado pelo método do DPPH (2,2 difenil-1- picrilhidrazil), segundo Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), com modificações segundo Borguini (2006). O grau de descoloração do radical DPPH, foi obtido utilizando uma alíquota de 0,1 mL do extrato hidroetanólico que foi transferido para tubos de ensaio com 3,9 mL do radical DPPH e homogeneizado em agitador de tubos, procedeu-se a leitura em seguida em espectrofotômetro (Bel UV-M 51) a 517 nm. Os cálculos foram efetuados com o auxílio da equação:

$$\% \text{ descoloração do DPPH} = (1 - (\text{Abs amostra} - \text{Abs branco} / \text{Abs controle})) \times 100$$

Em que: Abs amostra é a absorbância da amostra; Abs branco é a absorbância do branco; e Abs controle é a absorbância do controle (750 µL de metanol + 1,5 mL de DPPH).

- 3) Atividade antioxidante (FRAP): O poder antioxidante de redução do ferro proposto por Benzie e Strain (1996) que é baseado na habilidade de redução de Fe^{3+} para Fe^{2+} em pH baixo. Na presença de 2, 4, 6-tripiridil-s-triazina (TPTZ), com o antioxidante, ocorre a formação do complexo (Fe^{2+} - TPTZ) de cor azul intensa. Em ambiente escuro, transferiu-se 90µL do extrato hidroetanólico para tubo de

ensaio e, acrescentou-se 2,7mL do reagente FRAP, homogeneizou-se em agitador de tubos e manteve em banho-maria a 37°C por 30 minutos em seguida procedeu-se a leitura e espectrofotômetro (Bel UV-M 51) a 595nm. Obtendo-se equação da reta e regressão linear expressa por $y = 0,0007 x + 0,0035$, com $R^2 = 0,9996$.

2.7 Quantificações de ácido ascórbico (vitamina C)

A quantificação de vitamina C foi realizada segundo o método titulométrico com iodato de potássio. Pesou-se 2 g de pimenta ‘Cayenne’ seca e triturada que correspondia a aproximadamente 5 mg de ácido ascórbico. Adicionou-se 50 mL de água e 10 mL de solução de ácido sulfúrico a 20%. Homogeneizou-se e filtrou em seguida, homogeneizou-se e adicionou-se 1 mL da solução de iodeto de potássio a 10% e 1 mL da solução de amido a 1%. Sendo feita a titulação com iodato de potássio a 0,02M até a coloração de viragem, azul (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

Cálculo:

$$(100 \times V \times F) / P = \text{vitamina C mg \% m/m}$$

V = volume de iodato gasto na titulação;

F = 8,806 ou 0,8806, respectivamente para KIO₃ 0,02 M ou 0,002 M;

P = peso da amostra.

2.8 Dosagem de Antocianinas

O conteúdo total de antocianinas foi estimado, espectrofotometricamente, segundo o método de Lees e Francis (1972), com adaptações realizadas por Barcia et al. (2012). Para a extração dos compostos antociânicos, utilizou-se 1 g de amostra, no qual foram adicionados 25 mL de solução de etanol: HCL 1,5 M (85:15), incubando-se por uma hora a temperatura ambiente. Após esse procedimento, foi efetuado a leitura em espectrofotômetro (Bel UV-M 51) no comprimento de onda de 535 nm, que representa o espectro de absorção das antocianinas, realizando a leitura do branco com solução de etanol: HCL 1,5 M.

A quantificação de antocianinas totais se baseou no coeficiente de extinção molar da cianidina-3-glicosídeo $Abs = \epsilon \cdot C \cdot l$, onde, Abs é a absorbância lida; ϵ é o coeficiente de absorção molar; C é a concentração mol. L⁻¹ e l é o caminho óptico em cm.

Os resultados foram expressos em miligramas de cianidina-3- glicosídeo por 100 gramas de amostra.

2.9 Atividade Antimicrobiana:

As bactérias *Escherichia coli* 25922, *Salmonella entérica* 10708, *Staphylococcus aureus* 24579, *Bacillus cereus* foram doadas pela professora do IPTSP/UFG Lilian Carla Carneiro e *Xanthonas perforans*, doada pelo professor do IF-Goiano-Campus Morrinhos Nadson Pontes. Estas foram tiradas da glicerina e inoculadas em caldo cérebro coração-BHI (ION-Índia) por 24 horas e depois semeadas em ágar Hektoen Enteric – HE (ION-Índia). No meio de cada placa foi colocado um pequeno disco de papel-filtro previamente esterilizado em autoclave, de aproximadamente 6 mm de diâmetro, previamente embebido no extrato para cada uma das bactérias e posteriormente incubadas a 37°C por 48 horas. Após esse período foram analisadas e determinada a presença de halos de inibição ao redor do papel-filtro, sendo considerados ativos os halos com diâmetro maior que 7mm. Concomitantemente, foram realizados controles positivos para bactérias com adição de iodo a 10% e o controle negativo foi realizado utilizando água ultrapura.

2.10 Análise Estatística

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso (DBC). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico Sisvar 5.6.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os fitoquímicos antioxidantes, os polifenóis merecem menção especial por suas propriedades de retirar radicais livres. Esses compostos cujos níveis variam fortemente

durante o crescimento e o amadurecimento também são importantes pela sua contribuição para a pungência, amargura, cor e sabor das frutas (ESTRADA et al., 2000).

Segundo Carrillo-Hormaza et al. (2016) os mecanismos antioxidantes em tecidos biológicos são muito complexos e necessitam de mais de um método para determinação de resultados confiáveis. Nesse sentido, a pimenta ‘Cayenne’ foi avaliada por três protocolos analíticos diferentes: DPPH, ABTS e FRAP. O conteúdo de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante pelos métodos de DPPH, ABTS e FRAP da pimenta ‘Cayenne’. Os resultados obtidos neste experimento mostraram teores consideráveis de antioxidantes.

Com relação as análises de compostos fenólicos o melhor tratamento foi o BIOEF 1189,80 mg EAG g⁻¹. Ao analisar a Tabela 1 é possível perceber que há elevada quantidade de compostos fenólicos nas amostras em questão, principalmente quando comparados aos outros trabalhos, como é o caso de Melo et al. (2011) que avaliaram os compostos fenólicos na pimenta bode, cumari e malagueta com valores de 2,94 mg EAG g⁻¹, 3,47 mg EAG g⁻¹ e 13,28 mg EAG g⁻¹, respectivamente. Desta forma, mesmo nos tratamentos com menor teor de fenólicos 1083,34 mg EAG g⁻¹, os valores obtidos foram melhores em relação a outras pimentas (Tabela 1). Além disto, é importante destacar que o processo de secagem não degradou consideravelmente os compostos antioxidantes.

Tabela 1. Teores de compostos fenólicos totais (CFT) e capacidade antioxidante pelos métodos DPPH, ABTS e FRAP em extrato hidroetanólico (EH) de pimenta de cayenne.

TRATAMENTOS	CFT (mg EAG g ⁻¹) **	DPPH (% descoloração)	ABTS (μmol de Trolox g ⁻¹)	FRAP (μmol de FeSO ⁴ g ⁻¹)
Controle	1148,93±0,70 ^b	32,00±0,002 ^b	23,72±0,40 ^{bc}	21,30±0,12 ^a
NPK	1143,50±1,701 ^b	40,00±0,004 ^a	29,40±0,11 ^a	17,62±0,11 ^c
Esterco Bovino	1147,33±1,04 ^b	45,00±0,005 ^a	18,40±0,32 ^c	21,14±0,10 ^{ab}
BIOATIVO	1083,34±2,33 ^c	42,00±0,001 ^a	25,10±0,03 ^b	19,80±0,13 ^b
BIOEF	1189,80±3,72 ^a	40,00±0,005 ^a	13,80±0,30 ^d	19,80±0,13 ^b

* Valores constituem média ± desvio-padrão. Letras diferentes, diferem significativamente, pelo teste de Tukey (p < 0,05). **EAG = Equivalentes de ácido gálico.

Em relação a capacidade antioxidante DPPH, não houve diferenças significativas entre os tratamentos esterco bovino, BIOATIVO, BIOEF e NPK, com valores variando entre 40 a 45%. Tais valores foram maiores do que os encontrados em outros trabalhos sobre cultivares de pimenta americana (CHÁVEZ-MENDOZA et al., 2015; MITIC et al., 2016). Lahbib et al. (2017), estudando valores de DPPH em pimenta também encontrou valores inferiores. Loizzo et al. (2015), analisando vários tipos de gênero de pimenta

encontrou melhores teores de DPPH em *Capsicum annuum*, sendo os resultados encontrados neste trabalho ainda superiores.

A capacidade antioxidante da pimenta ‘Cayenne’ também foi avaliada pelo método de captura do radical ABTS, sendo que plantas adubadas com NPK tiveram 29,40 μmol de Trolox g^{-1} , sendo este o melhor tratamento em comparação aos outros tipos de adubação. Porém, os resultados encontrados são inferiores aos obtidos por Carvalho et al. (2014) em estudos com nove genótipos de frutos de pimenteiros que se mostraram eficientes em sequestrar o radical ABTS, com valores de 46,79 a 113,06 μmol de Trolox g^{-1} . Alvarez-Parrilla et al. (2011), por sua vez, obteve valores mais próximos dos encontrados neste estudo, na faixa de 27,76 a 55,41 μmol de Trolox g^{-1} em pimentas *C. annuum* frescas e processadas.

Utilizando o FRAP a atividade antioxidante variou de 17,62 a 21,30 μmol de FeSO_4 g^{-1} , valores semelhantes foram encontrados por Mitic et al. (2016) e inferiores aos obtidos por Lahbib et al. (2017). Kim et al. (2006) destaca que variações na atividade antioxidante pode depender da biodiversidade genética, origem geográfica e método de extração/análise, enquanto Nunez-Ramirez et al. (2011) relataram essa diferença na atividade antioxidante da pimenta podem ser atribuídas à fertilidade do solo, amadurecimento dos frutos e temperatura.

No que diz respeito às antocianinas, uma classe dos flavonoides, os resultados dos tratamentos encontrados neste estudo não diferenciaram, mostrando resultados de 11,6mg 100 g^{-1} , superiores aos encontrados em outros estudos. Padilha et al. (2014) ao avaliar 30 acessos de pimentas do banco ativo da EMBRAPA, 2014 obteve valores para estes compostos na faixa de 0,15 mg 100 g^{-1} a 4,92 mg 100 g^{-1} , sendo então bem reduzidos quando comparados aos dados expostos na Tabela 2. Carneiro, (2011) apresentou valores superiores aos apresentados neste trabalho em pimenta cambuci que foi de 17,9 a 25,7 mg/100g. Fato este que leva a entender a variação de resultados encontrados para antocianinas em diferentes pesquisas pelas diferentes variedades encontradas, metodologia empregada ou diferentes estádios de maturação utilizados para extração.

Tabela 2. Teores de antocianina e ácido ascórbico em pimenta ‘Cayenne’ extraída por extrato hidroetanólico (EH) de pimenta de cayenne.

TRATAMENTOS	Antocianina	Ácido Ascórbico
--------------------	--------------------	------------------------

	(mg/100g)	(mg/100g)
Controle	11,6±0,00 ^a	316,63±0,00 ^b
NPK	11,6±0,00 ^a	351,75±0,28 ^a
Esterco Bovino	11,6±0,00 ^a	316,05±0,07 ^b
BIOATIVO	11,6±0,00 ^a	317,00±0,00 ^b
BIOEF	11,6±0,00 ^a	316,90±0,00 ^b

* Valores constituem média ± desvio-padrão. Letras diferentes, diferem significativamente, pelo teste de Tukey (p < 0,05).

O ácido ascórbico foi quantificado e diferenças estatísticas foram observadas em plantas adubadas com NPK com 351,75 mg/100g superior aos demais tratamentos (Tabela 2). Estes resultados mostram a grande quantidade de vitamina C encontrado neste estudo comparado frutas ricas nesse composto com tangerina poncã, e laranja pera com 32,47 e 62,5047 mg/100g respectivamente(COUTO e CANNIATTI-BRAZACA,2010)

Os diâmetros dos halos de inibição em extratos hidroetanólico das amostras analisadas estão apresentados na Tabela 3, e ao considerar ativo apenas os halos maiores que 7 mm, de todas as amostras analisadas na concentração de 200 mg/mL, frente as cepas das bactérias *Salmonella entérica* e *Xanthomonas perforans*.

Tabela 3. Diâmetro dos halos de inibição (mm) em extrato hidroetanólico (EH) de pimenta ‘Cayenne’, frente as bactérias *Escherichia Coli*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* e *Xanthomonas perforans*.

Tratamentos	Extrato	<i>E. coli</i>	<i>S. entérica</i>	<i>S.aureus</i>	<i>B. Cereus</i>	<i>X.perforans</i>
Controle	EH	-	8,93±0,02	-	-	9,63±0,02
NPK	EH	-	8,84±0,04	-	-	9,83±0,04
Esterco Bovino	EH	-	9,01±0,03	-	-	9,89±0,005
BIOATIVO	EH	-	8,85±0,04	-	-	9,75±0,01
BIOEF	EH	-	8,88±0,01	-	-	9,77±0,02

(-) Não houve formação de halos. Os halos obtidos nos controles positivos para bactérias com adição de iodo a 10% foram de 9,21±0,02 para *E. coli*, 9,16±0,05 para *S. entérica*, 8,20±0,05 para *S.aureus*, 14,81±0,03 para *B. Cereus* e 10,99±0,03 para *X.perforans*.

* Valores constituem média ± desvio-padrão.

Embora muitos estudos científicos descrevam efeitos antimicrobianos de extratos hidroetanólicos, detectamos que esse extrato obteve melhor ação antibacteriana nas amostras avaliadas, quando comparadas com as cepas das bactérias analisadas, apresentando halo de inibição diante da cepas das bactérias, *Salmonella entérica* e *Xanthomonas perforans*, nesse estudo, as cepas das bactérias *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus* não demonstraram ação antibacteriana em nenhuma amostra analisada.

Segundo Bellik et al. (2019), o potencial de atividade antimicrobiana é estimado de acordo com o tamanho da zona de inibição, é considerado alto (zona de inibição ≥ 20 mm), moderado (zona de inibição 15-19 mm), fraco a moderado (zona de inibição 9-15 mm) ou fraco (zona de inibição <9 mm). Sendo assim, o extrato de pimenta ‘Cayenne’ demonstrou fraco a moderada atividade antimicrobiana, frente às cepas de *Salmonella enterica* ($9,01 \pm 0,03$ mm) e a *Xanthomonas perforans* ($9,89 \pm 0,05$ mm) (Tabela 3).

As cepas de *Escherichia coli* em alguns estudos como o de Eller et al. (2015) e Bittencourt-Junior et al. (2012) não foram inibidas quando utilizaram extratos vegetais de diferentes folhas de plantas medicinais. Neste trabalho também não houve inibição do microrganismo pelo extrato. O processo de extração e o solvente utilizado podem ter influenciado também na formação de halos, pois os solventes podem ter diferentes polaridades.

4. CONCLUSÃO

Nas condições descritas neste trabalho a pimenta ‘Cayenne’ apresentou grande quantidade de compostos fenólicos totais, antioxidantes e possui atividade antimicrobiana fraca a moderada.

O uso de fertilizantes teve efeito aumentando tanto a produtividade como os teores de antioxidantes, compostos fenólicos, antocianinas e vitamina C.

O extrato utilizado assim como sua concentração neste experimento não teve efeito inibitório em algumas bactérias utilizadas neste estudo. Vale destacar que se fazem necessários novos estudos para melhor observação do comportamento dos microrganismos frente ao presente extrato. Além disso, pesquisas referentes à composição do extrato devem ser apreciadas para averiguar quais os componentes responsáveis pela inibição microbiana, uma vez que a concentração de tais componentes nas pimentas pode variar.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ-PARRILLA, E.; DE LA ROSA, L. A.; AMAROWICZ, R.; SHAHIDI, F. Antioxidant activity of fresh and processed Jalapeño and Serrano peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, DC, v. 59, n. 1, p. 163-173, 2011.

BARCIA, M. T.; PERTUZATTI, P. B.; JACQUES, A. C.; GODOY, H. T.; ZAMBIAZI, R. Bioactive compounds, antioxidant activity and percent composition of jambolão fruits (*Syzygium cumini*). **The Natural Products Journal**, Washington, v. 2, n. 2, p. 129-138, 2012.

BITTENCOURT-JUNIOR, F. F.; PAIXÃO S. F. M.; VASCONCELOS, N. G.; PIMENTARODRIGUES, M. V. Estudo da atividade antibacteriana do extrato hidroalcoólico da *Ilex paraguariensis*. **Interbio** v.6, n.2, 2012.

BONA, E. A. M.; PINTO, F. G. S.; FRUET, T. K.; JORGE, T. C. M.; MOURA, A. C. Comparação de métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração inibitória mínima (cim) de extratos vegetais aquosos e etanólicos. **Arq. Inst. Biol.**, v.81, n.3, p. 218-225, 2014.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. F. S. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. **Food Reviews International**, Madison, v. 25, n. 4. p. 313-325, 2009.

BRAND-WILLIAMS; CUVELIER, M. E.; BERSER, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223-253, 2004.

CARVALHO, A. V.; MATTIETTO, R. A.; RIOS, A. O.; MORESCO, K. S. Mudanças nos compostos bioativos e atividade antioxidante de pimentas da região amazônica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, 2014.

COUTO, M.A. L ;CANNIATTI-BRAZACA S.G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**: 15-19, maio 2010.

CORDEIRO, A. M. T. Desenvolvimento de bioaditivos antioxidantes para otimização da estabilidade oxidativa de óleos comestíveis. 2013. 131f. **Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)**. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Maio, 2013.

ELLER, S. C. W. S.; FEITOSA, V. A.; ARRUDA, T. A.; ANTUNES, R. M. P.; CATÃO, R. M. R. Avaliação antimicrobiana de extratos vegetais e possível interação farmacológica in vitro. **Revista Ciências Farmacéuticas Básica Aplicadas.**, v.36, n.1, p.131-136, 2015.

ESTRADA, B., M. A. BERNAL, J. DIAZ, F. POMAR AND F. MERINO. Fruit development in *Capsicum annum*: Changes in capsaicin, lignin, free phenolics and peroxidase patterns. **Journal**,2000.

GARCÍA R A. GUAYUSA (*Ilex guayusa* L.) new tea: phenolic and carotenoid composition and antioxidant capacity. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, p. 3929–3936, 2017

KALEMBA, D.; KUNICKA, A. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. **Current Medicinal Chemistry**, v. 10, p. 813-829, 2003.

LAHBIBA, K. DABBOUB, S. C., BOKA, S. PANDINOD, G. LOMBARDOD, S. ; GAZZAHA, M. Variation of biochemical and antioxidant activity with respect to the part of *Capsicum annum* fruit from Tunisian autochthonous cultivars. Received 14 November 2016; Received in revised form 31 March ; Accepted 20 April 2017.

LEES, D. H.; FRANCIS, F. J. **Standardization of pigment analysis in Cranberries.** *Hortscience*, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 83-84, 1972.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: Determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, cap. 11, p. 111-118, 2002.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.** Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. V. 1, 4. ed. p.393 São Paulo: Inst. Adolfo Lutz, 2004.

MELO, C. M. T.; COSTA, L. A. ; BONNAS, D. S.; CHANG, R. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de pimentas *Capsicum chinense* (bode), *Capsicum baccatum* variedade *praetermissum* (cumari) e *Capsicum frutescens* (malagueta). **Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011

NADER FILHO, A.; FERREIRA, L. M.; AMARAL, L. A.; ROSSI JÚNIOR, O. D.; OLIVEIRA, R. P. Produção de enterotoxinas e da toxina da síndrome do choque tóxico por cepas de *Staphylococcus aureus* isoladas na mastite bovina. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, p. 1316-1318, 2007.

OLIVEIRA RS. Natural Bioactive Compounds: Promoting Agents In The Reduction Of Oxidative Stress And Inflammatory Processes. **Journal Of Basic Education**, Technical And Technological. South American, P. 258-273. Jun. 2018.

PADILHA, H. K. M.; PEREIRA, E. S.; MUNHOZ, P. C.; VIZZOTO, M.; BARBIERI, R. L. Teor de antocianinas em acessos de pimentas. In: III **Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos**. Santos, SP, 2014.

SIMONETTI, E.; ETHUR, M. E.; CASTRO, L. C.; KAUFFMANN, C.; GIACOMIN, A. C.; LEDUR, A.; AROSSI, K.; PACHECO, L. A.; GOETTERT, M. I.; FALEIRO, D.; FREITAS, E. M. Avaliação da atividade antimicrobiana de extratos de *Eugenia anomala* e *Psidium salutare* (Myrtaceae) frente à *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.**, v.18, n.1, p.9-18, 2016

CONCLUSÃO GERAL

O esterco bovino e o BIOEF foram os tipos de adubação que favoreceram um incremento nas trocas gasosas, refletindo em maior crescimento e desenvolvimento da pimenta 'cayenne'.

O uso de fertilizantes orgânico e organomineral é uma opção viável para pequenos, médios e grandes produtores de pimenta.

O fruto da pimenta se apresenta como excelente fonte de compostos fenólicos, antioxidantes, antocianinas e ácido ascórbico. Os frutos de pimenta possuem de fraca a moderada atividade antimicrobiana.