



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**JOÃO PAULO CASTANHEIRA LIMA BOTH**

**PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE PIMENTA-DO-REINO EM TUTOR VIVO DE  
GLIRICÍDIA NO ESTADO DO PARÁ: BASES ECONÔMICAS E DE QUALIDADE**

**BELÉM-PA**

**2023**

**JOÃO PAULO CASTANHEIRA LIMA BOTH**

**PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE PIMENTA-DO-REINO EM TUTOR VIVO DE  
GLIRICÍDIA NO ESTADO DO PARÁ: BASES ECONÔMICAS E DE QUALIDADE**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, na linha de pesquisa Socioeconomia, Recursos Naturais e Desenvolvimento do Agronegócio, para obtenção do Título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Junior.

Coorientador: Dr. Oriel Filgueira de Lemos.

**BELÉM-PA**

**2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo autor

---

B749p Both, João Paulo Castanheira Lima  
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE PIMENTA-DO-REINO EM TUTOR VIVO DE  
GLIRICÍDIA NO ESTADO DO PARÁ: BASES ECONÔMICAS E DE QUALIDADE / João  
Paulo Castanheira Lima Both. - 2024.  
145 p.: il. color.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Campus  
Universitário de Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2024.  
Orientador: Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Junior  
Coorientador: Prof. Dr. Oriel Filgueira de Lemos.

1. Gliricídia. 2. Sustentabilidade. 3. Agricultura Familiar. 4. Socioeconomia. 5.  
Irrigação.  
I. Lima Junior, Joaquim Alves de, orient. II. Título

---

CDD 633.84

**JOÃO PAULO CASTANHEIRA LIMA BOTH**

**PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE PIMENTA-DO-REINO EM TUTOR VIVO DE GLIRICÍDIA NO ESTADO DO PARÁ: BASES ECONÔMICAS E DE QUALIDADE**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, na linha de pesquisa Socioeconomia, Recursos Naturais e Desenvolvimento do Agronegócio, para obtenção do Título de Doutor em Agronomia.

**Aprovado em 13 dezembro de 2023.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Joaquim Alves de Lima Junior – Orientador  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

---

Dr. Alfredo Kingo Oyama Homma  
Embrapa Amazônia Oriental – EMBRAPA

---

Prof. Dr. Marcelo Barreto Da silva  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

---

Prof. Dr. Rossini Daniel  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

---

Prof. Dr. Marcos André Piedade Gama  
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Aos meus pais, Jorge Renato Lima Both (*in memoriam*) e Ana Cleide Castanheira da Silva Both, por todo amor e oportunidades (dentro de nossa realidade), em todas as minhas fases de formação e educação, além da presença e apoio permanentes, os quais julgo ser o verdadeiro cuidado que um filho necessita.

À minha esposa, Albene Liz Carvalho Monteiro Both, e nossas filhas, Isabelle, Júlia e Ana Liz Monteiro Both, pela nossa família, pelo aprendizado diário e o amor que nos une e fortalece para enfrentarmos os desafios e alcançarmos cada um de nossos objetivos.

**A ELES, DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por todas as oportunidades concedidas a mim, pela força e tranquilidade nos momentos de dificuldades;

Ao meu pai Jorge Renato (*in memoriam*), minha mãe Ana Cleide, por serem meu esteio, minha base, o que guardo de mais eterno e sagrado, e por tanto amor e atenção que me dedicaram a vida inteira;

Às minhas irmãs Ana Paula e Ana Carolina, pelo carinho, admiração e respeito que me dedicam e aos meus sobrinhos Eduarda e Antônio Jorge, pela alegria de vê-los crescer;

De forma incondicional, à minha esposa Albene Liz, a escolha mais acertada da minha vida, pelo amor, presença constante, amizade, confiança, incentivo, paciência e por sempre torcer, acreditar e me ensinar que sou maior e consigo ir muito além do que imagino;

Às minhas filhas, Isa, Ana e Julia, razão de tudo, fonte de inspiração e motivação para que eu persistisse até o término deste passo, apesar das dificuldades. Agradeço o amor, o carinho e as alegrias compartilhadas e por entenderem minha ausência para a realização deste estudo e tantas viagens a trabalho;

À D. Fátima Carvalho, sogra e amiga, pelo constante cuidado com todos nós, e por todo suporte à nossa casa e à nossa família, especialmente na minha ausência, sendo muito mais que avó;

Aos demais familiares, representados por matriarca da família Castanheira (e minha avó tão querida) Benedita (*in memoriam*) e pelo tio Valmir Both, pela torcida, incentivo e toda motivação diária para que tudo corresse dentro dos prazos e expectativas;

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PgAGRO) e ao Grupo de Estudos em Engenharia da Água e Solo na Amazônia (GEEASA), ao Prof. Joaquim Alves de Lima Junior, demais professores e todos os colegas da turma de doutorado 2020/2, em especial a Frederico Neiva e Ermano Prévoir, pelas oportunidades, trocas, contribuições e aprendizados no percurso desta pesquisa;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Unidade Amazônia Oriental, palco do meu crescimento pessoal e da minha felicidade profissional, por toda condição fornecida para a realização das atividades e ações previstas neste estudo, pelo investimento em ciência, por favorecer a geração de

tecnologias agropecuárias sustentáveis e por oportunizar o diálogo, a troca de experiências e a construção de conhecimentos, autonomia e pensamento crítico junto a sociedade brasileira em busca de uma sociedade mais justa e igualitária;

A todos os amigos do grupo de pesquisa em Pimenta-do-reino da Embrapa, especialmente a Oriel Filgueira de Lemos (também coorientador), Moisés Mourão e Augusto dos Reis Farias, pela parceria, intensa colaboração e dedicação incondicional a este trabalho e, principalmente, pela humildade e o carinho com que me receberam nesta equipe em 2014;

Ao amigo Vladimir Bomfim e toda a equipe do Setor de Implementação da Programação de Transferência de Tecnologias, pela importância das lutas diárias, pela amizade e compreensão;

À Empresa Produtos Tropicais de Castanhal Ltda. (Tropoc) e seus colaboradores, em especial aos gestores André Kich, Fernando Ferreira e Arthur Gonçalves, pelo respeito, confiança, parceria, incentivo e pioneirismo no financiamento de pesquisas e formas de produção de pimenta-do-reino sustentáveis, ambiental e economicamente;

Ao Sr. Wivaldo Araújo, ex-gerente administrativo da Tropoc, por todo apoio e parceria à época da implantação do projeto deste estudo;

Ao Viveiro Pró Mudas pela cooperação técnica e compartilhamento das mudas/plantas livres de vírus utilizadas na pesquisa;

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (Emater-Pa), pelo sucesso na longeva parceria e pela ampla articulação nas ações e eventos de capacitação voltados a cultura da pimenta-do-reino no Estado do Pará;

À Agro Vieira Prestadora de Serviços e todos seus funcionários que desenvolvem as práticas culturais nas áreas experimentais ao longo de toda a pesquisa;

À Empresa Irriga Mais Brasil, pelos ajustes e contribuições técnicas no sistema de irrigação utilizado nesta pesquisa;

Ao Banco da Amazônia S.A pela importância do investimento em ações de transferência de tecnologias no Estado do Pará e na Amazônia Brasileira;

Aos amigos professores Valdeides Marques Lima e Lidiane de Souza Silva Lima, pelo incentivo e colaboração em todos os momentos dessa amizade sincera e leal.

## RESUMO

A pimenta-do-reino é a mais importante especiaria comercializada no mundo e como se trata de uma *commodity*, a tendência do mercado é a comercialização de produtos originados de sistemas de produção sustentáveis, com contribuição relevante do uso de tutor vivo de *Gliricidia sepium* L. em substituição ao estacão (tutor morto), na produção de pimenta-do-reino. Entretanto, a adoção desta tecnologia é limitada em decorrência da escassez de informações (irrigação, espaçamento, nutrição, manejo entre outros fatores de produção) sobre as interações entre o comportamento das cultivares de pimenteira-do-reino a esse tipo de tutor, para consolidação de um sistema de produção sustentável. Portanto, o estudo consiste em identificar as condições adequadas de irrigação e adubação em que a cultura da pimenteira-do-reino cultivada em tutor vivo tenha as exigências hídricas e nutricionais atendidas para a produção com qualidade e viabilidade econômica no Nordeste Paraense. Com o uso da irrigação, assinalou-se uma menor demanda hídrica com o uso de *Gliricidia sepium* no sistema de irrigação com duas linhas, e menor custo. A implantação do tutor vivo de gliricídia, com custos menores, comparados ao tutor morto, assegura recursos financeiros para a adoção de irrigação. No estabelecimento da cultura, referenda-se os níveis de adubação mínimos (60g de uréia, 40g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 70g de K<sub>2</sub>O por planta), que equivalem à recomendação de adubação na literatura. A qualidade da pimenta-do-reino produzida com o uso da gliricídia obteve incremento com relação aos índices de densidade, extrato etéreo e piperina. Os resultados desse estudo indicam evidentes contribuições do uso de tutor vivo de gliricídia na circularidade econômica da cadeia da pimenta-do-reino. Neste cenário, recomenda-se o estabelecimento de políticas públicas, voltadas ao desenvolvimento e validação de inovações tecnológicas que assegurem o incremento de produtividade, qualidade do produto e redução de riscos na cadeia produtiva da pimenta-do-reino.

Palavras-chave: Amazônia; bioeconomia; sustentabilidade; *Piper nigrum*; irrigação, nutrição, tutor vivo.

## ABSTRACT

Black pepper is the most important spice traded in the world and as it is a commodity, the market trend is to sell products originating from sustainable production systems, with a relevant contribution from the use of live tutor *Gliricidia sepium* L. replacing the estação (dead stalk), in the production of black pepper. However, the adoption of this technology is limited due to the scarcity of information (irrigation, spacing, nutrition, management, among other production factors) on the interactions between the behavior of black pepper cultivars and this type of tutor, for consolidation of a sustainable production system. Therefore, the study consists of identifying the appropriate irrigation and fertilization conditions in which the black pepper crop grown in a live tutor has the water and nutritional requirements met for production with quality and economic viability in the Northeast of Pará. With the use of irrigation, there was a lower water demand with the use of *Gliricidia sepium* in the two-line irrigation system, and lower cost. The implementation of the live gliricidia tutor, with lower costs compared to the dead tutor, ensures financial resources for the adoption of irrigation. When establishing the crop, the minimum fertilization levels must be adhered to (60g of urea, 40g of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 70g of K<sub>2</sub>O per plant), which are equivalent to the fertilization recommendation in the literature. The quality of black pepper produced with the use of gliricidia increased in relation to density, ether extract and piperine indices. The results of this study indicate evident contributions of the use of live gliricidia tutor in the economic circularity of the black pepper chain. In this scenario, it is recommended the establishment of public policies aimed at the development and validation of technological innovations that ensure increased productivity, product quality and reduced risks in the black pepper production chain.

Keywords: Amazon; bioeconomy; sustainability; *Piper nigrum*; irrigation, nutrition, live tutor.

## LISTA DE FIGURAS

### CONTEXTUALIZAÇÃO

- Figura 1 - Formas de comercialização da pimenta-do-reino..... 17
- Figura 2 - Série histórica de produção nacional de pimenta-do-reino (mil toneladas) e fração de produção nos principais estados produtores...24
- Figura 3 - Cartograma das trajetórias dos municípios e produção atual de pimenta-do-reino no Estado do Pará .....25
- Figura 4 - Mapa de localização do experimento cultivado de pimenteira-do-reino..31
- Figura 5 - Mapa de localização do experimento de Jardim Clonal de Gliricídia .32
- Figura 6 - Foto aérea dos Experimentos: Pimental (A), Jardim clonal de Gliricídia (B) e Cabeçal de Controle de Irrigação (C).....33

### CAPÍTULO 1

- Figura 7 - Médias mensais de precipitação (PREC), temperatura (Tar), radiação global (RG) e umidade relativa (UR) do ano de 2022.....46
- Figura 8 - Croqui da área experimental do cultivo da pimenteira-do-reino em tutor vivo de gliricídia e tutor morto – estação (\*).....50
- Figura 9 - Produção média de frutos secos (kg planta-1) em função dos genótipos, tutores e doses de N, no primeiro ciclo de produção.....54
- Figura 10 - Valores médios de produção de frutos secos (kg planta-1) em função dos genótipos, tutores (ensaio N, primeiro ciclo).....55
- Figura 11 - Produção média de frutos secos (kg planta-1) em função dos genótipos, tutores e doses de fósforo, no primeiro ciclo de produção. ....57
- Figura 12 - Valores médios de produção de frutos secos (kg planta-1) em função dos genótipos, tutores (ensaio P, primeiro ciclo).....58
- Figura 13 - Produção média de frutos secos (kg planta-1) em função dos genótipos, tutores e doses de potássio, no primeiro ciclo de produção.....60
- Figura 14 - Valores médios de produção de frutos secos (kg planta-1) em função dos genótipos, tutores (ensaio K, primeiro ciclo).....60
- Figura 15 - Topologia da sincronia entre genótipos em tutores, quanto ao ciclo de maturação dos frutos, obtido via NMDS. ....66
- Figura 16 - Diagrama de Sankey nos ciclos 1 e 2 de produção em função dos genótipos e tutores nas classes de exportação.....69

### CAPÍTULO 2

- Figura 17 - Foto aérea dos Experimentos: Pimental (A), jardim clonal de gliricídia (B) e cabeçal de controle de irrigação (C). ....87
- Figura 18 - Croqui do sistema de irrigação da área experimental. ....89
- Figura 19 - Curva de retenção de água no solo para o manejo da irrigação. ....92
- Figura 20 - Médias mensais de precipitação (PREC), temperatura (Tar), radiação global (RG) e umidade relativa (UR) do ano de 2022.....93

Figura 21 - Demanda de dias de irrigação ao longo do período avaliado em função dos tratamentos aplicados ao longo dos meses de observação.....98

Figura 22 - (a) Tempo efetivo de operação com irrigação durante o ciclo de cultivo (média e desvio padrão); (b) fracionamento da demanda de irrigação nos meses avaliados..... 100

### **CAPÍTULO 3**

Figura 23 - Valores médios de número de ramos, ao longo da série de observações, em função dos níveis de uréia (N) (g planta<sup>-1</sup>) e espaçamentos praticados. .... 120

Figura 24 - Valores médios de número de ramos, ao longo da série de observações, em função dos níveis de superfosfato simples (P) (g planta<sup>-1</sup>) e espaçamentos praticados. .... 121

Figura 25 - Valores médios de número de ramos, ao longo da série de observações, em função dos níveis de cloreto de potássio (K) (g planta<sup>-1</sup>) e espaçamentos praticados. .... 121

Figura 26 - Frequência do número máximo de ramos assinalados em cada planta observada ao longo da série..... 122

Figura 27 - Valores médios de número de estacas, no final das observações (24 meses) em função das doses nutrientes N-P-K e espaçamentos aplicados. ... 123

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Resultados da análise química e granulométrica do solo da área experimental localizada em Castanhal-PA. ....	45
Tabela 2 - Análise de variância e teste F do modelo adotado, considerando os efeitos genótipo, tutor e doses de nitrogênio sobre a produção de pimenta-do-reino no 1º ciclo de produção. ....	54
Tabela 3 - Análise de variância e teste F do modelo adotado, considerando os efeitos genótipo, tutor e doses de fósforo sobre a produção de pimenta-do-reino no 1º ciclo de produção. ....	57
Tabela 4 - Análise de variância e teste F do modelo adotado, considerando os efeitos genótipo, tutor e doses de potássio sobre a produção de pimenta-do-reino no 1º ciclo de produção. ....	59
Tabela 5 - Análise de variância do modelo genótipos e tutor sobre a produção de pimenta verde e pimenta preta seca. ....	62
Tabela 6 - Produtividade média de pimenta verde e preta seca, em função dos genótipos e tipos de tutor. ....	62
Tabela 7 - Valores percentuais de produção nos genótipos e tutores e classificação da concentração da produção de pimenta-do-reino. ....	65
Tabela 8 - Frequência de amostras de pimenta-do-reino, oriundas dos genótipos e tutores em função das classes de densidade nas categorias de exportação. .	67
Tabela 9 - Quadro de análise de variância. ....	70
Tabela 10 - Valores médios de extrato etéreo (ml/100g) em função dos genótipos e tutores utilizados, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). ....	70
Tabela 11 - Valores médios de teor de piperina (%) em função dos genótipos e tutores utilizados, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). ....	71

### CAPÍTULO 2

Tabela 12 - Análise de variância do modelo adotado. ....	95
Tabela 13 - Valores médios e desvio padrão do número de dias com demanda de irrigação (dias) em função do tutor e linhas de irrigação, ao longo dos meses avaliados. ....	96
Tabela 14 - Valores médios e desvio padrão do tempo de operação mensal de irrigação (horas) em função do tutor e linhas de irrigação, ao longo dos meses avaliados. ....	99
Tabela 15 - Custo médio para implantação de 01 ha para cultivo de pimenteira-do-reino em tutor morto (estacão) e tutor vivo de gliricídia. ....	102
Tabela 16 - Resultados do modelo estatístico considerando o preço pago ao produtor de R\$15,00 por kg de pimenta-do-reino cultivada em tutor vivo e tutor morto. ....	103

Tabela 17 - Custo médio para implantação de sistema de irrigação automatizado – 1 linha de irrigação (1L-IRRI) e 2 linhas de irrigação (2L-IRRI) – para cultivo de pimenteira-do-reino..... 104

Tabela 18 - Síntese dos parâmetros de demanda hídrica e consumo de energia (1ha). ..... 105

### **CAPÍTULO 3**

Tabela 19 – Resultados da análise química e granulométrica do solo da área experimental localizada em Castanhal-PA. .... 116

Tabela 20 - Quadro de ANOVA [EQM] para o modelo adotado sobre o número de estacas ao longo da série de observações e número máximo de ramos observado na série..... 119

## LISTA DE EQUAÇÕES

### CAPÍTULO 2

Equação 1 - Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD).....	90
Equação 2 - Cálculo do potencial matricial de água no solo ( $\Psi_m$ ), em KPa .....	90
Equação 3 - Cálculo da lâmina líquida (LL) de irrigação, em mm.....	90
Equação 4 - Cálculo da lâmina bruta (LB) de irrigação, em mm.....	90
Equação 5 - Eficiência de aplicação de água (K). .....	91
Equação 6 - Tempo de funcionamento do sistema de irrigação ( $T_i$ ).....	91

## SUMÁRIO

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	15
<b>1.1 Revisão de literatura</b> .....	<b>21</b>
1.1.1 A cultura da pimenta-do-reino.....	21
1.1.2 O mercado e a pimenta-do-reino .....	22
1.1.3 Cultivo de pimenteira-do-reino em tutor vivo de gliricídia .....	25
1.1.4 A irrigação no cultivo da pimenteira-do-reino.....	27
<b>1.2 Apresentação dos experimentos realizados</b> .....	<b>29</b>
1.2.1 Pesquisas e desenvolvimento anteriores aos experimentos em estudo....	29
1.2.2 Parcerias de cooperação técnica e cofinanciamentos .....	30
1.2.3. Local de implantação e unidades experimentais .....	31
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO 1 – CULTIVO IRRIGADO DE PIMENTEIRA-DO-REINO: EFEITOS DE ADUBAÇÃO E TUTORES NO ESTABELECIMENTO DE DIFERENTES GENÓTIPOS</b> .....	<b>40</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>40</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>41</b>
<b>2.1 Introdução</b> .....	<b>42</b>
<b>2.2 Material e métodos</b> .....	<b>44</b>
2.2.1 Localização das Unidades Experimentais .....	44
2.2.2 Características Edafoclimáticas.....	44
2.2.3 Delineamento experimental, instalação e condução do experimento .....	46
2.2.4. Qualidade da pimenta-do-reino produzida.....	51
2.2.5 Modelo estatístico .....	52
<b>2.3 Resultados e discussão</b> .....	<b>53</b>
2.3.1 Comportamento dos genótipos de pimenteiros-do-reino sob a influência da adubação e tipos de tutores.....	53
2.3.2 Ciclos de maturação dos frutos em função dos genótipos de pimenteira-do-reino e tutores.....	64
2.3.3. Qualidade da pimenta-do-reino seca a partir da interação entre genótipos e tutores.....	67
2.3.3.1 Densidade.....	67
<b>2.5. Conclusão</b> .....	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>73</b>

<b>CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO CULTIVO DE PIMENTEIRA-DO-REINO IRRIGADA NO NORDESTE PARAENSE: <i>GLIRICIDA SEPIUM</i> COMO REDUTOR DE DEMANDA HÍDRICA</b>	<b>80</b>
<b>RESUMO</b>	<b>80</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>81</b>
<b>3.1 Introdução</b>	<b>82</b>
<b>3.2 Material e métodos</b>	<b>86</b>
3.2.1 Unidade Experimental e Local de implantação	86
3.2.2 Delineamento experimental	87
3.2.3 Sistema de irrigação	88
3.2.4 Modelo estatístico	92
<b>3.4 Resultados e discussão</b>	<b>93</b>
3.4.1 Período chuvoso e médias mensais de temperatura e umidade em 2022	93
3.4.2 Manejo da irrigação a partir das leituras da tensão de água no solo	94
3.4.3 Análise econômica e custos operacionais da irrigação no cultivo de pimenteira-do-reino em tutor vivo	101
<b>3.5 Conclusão</b>	<b>106</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>107</b>
<b>CAPÍTULO 3 – ESTABELECIMENTO DE JARDIM CLONAL DE <i>GLIRICIDIA</i> EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ADUBAÇÕES VISANDO A PRODUÇÃO DE ESTACAS DE TUTOR VIVO PARA O CULTIVO DE PIMENTEIRA-DO-REINO...</b>	<b>112</b>
<b>RESUMO</b>	<b>112</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>113</b>
<b>4.1 Introdução</b>	<b>114</b>
<b>4.2 Material e métodos</b>	<b>115</b>
4.2.1 Modelo estatístico	117
<b>4.4 Resultados e discussão</b>	<b>118</b>
<b>4.5 Conclusão</b>	<b>124</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>125</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>127</b>
<b>REFERÊNCIAS GERAIS</b>	<b>128</b>

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A pesquisa, em andamento, tem como objeto de pesquisar, com ênfase na qualidade do produto, a viabilidade econômica da cultura, e a produtividade de cultivares de pimenteira-do-reino, submetidas a diferentes doses de N, P e K sob condições de irrigação apropriadas, produzidas em sistema de tutor vivo (gliricídia) quanto em tutor morto (estacão).

A pimenteira-do-reino ou pimenta-da-Índia é a especiaria mais famosa do mundo por conferir sabor e conservação aos alimentos. Originária das florestas da Índia, a planta pertencente ao gênero piperácea, apresenta consumo e produção tão antigos que existem relatos históricos sobre o comércio desta especiaria já no século IV a.c. (Lourinho *et al.*, 2014).

A pimenta-do-reino era um produto muito valorizado no Oriente e com comércio bastante ativo na Índia, de onde era transportada por mercadores para o Ocidente (Standage, 2010). No transcorrer do século XV quando Portugal e Espanha concorriam na descoberta de novas terras em busca de especiarias e pedras preciosas, a pimenta-do-reino era um dos produtos mais procurados e valorizados. Registros dessa época dão conta que um cântaro, o equivalente a 60 quilos de frutos, de pimenta-do-reino chegava a valer 52 gramas de ouro, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2023).

A introdução da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) no Brasil deu-se por volta do século XVII, a partir do Estado da Bahia, ficando restrita ao cultivo em pomares domésticos (Homma, 1996; EMBRAPA, 2023). Foi somente no século XX, na Amazônia, que a pimenta-do-reino se estabeleceu no Brasil como cultivo comercial, após 1933, com a introdução da cultivar Kuching, onde recebeu o nome de Cingapura (Albuquerque; Conduru, 1971) no município de Tomé-Açu, Estado do Pará e região Norte do país, onde encontrou condições ambientais ideais ao seu desenvolvimento e em que foi iniciada a produção comercial desta cultura, principalmente na forma de pimenta preta e pimenta branca (Albuquerque; Conduru, 1971).

Logo após a Segunda Guerra Mundial, em 1946, o preço da pimenta-do-reino disparou e o produto ganhou o apelido de “diamante negro”. Já em 1950, os japoneses e os brasileiros introduziram o sistema de cultivo intensivo praticado na Malásia, tornando o Brasil autossuficiente em 1955 (Duarte *et al.*, 2005). Durante os períodos 1978 a 1982 e 1990 a 1991 o Brasil despontou como maior produtor mundial,

perdendo para a Indonésia e a partir de 2004, quando o Vietnã passou a ser o 1º país em produção (Albuquerque; Conduru, 1971; Duarte *et al.*, 2005).

Os principais países produtores de pimenta-do-reino no mundo, considerando a produção média do período de 2017-2021, foram, pela ordem, o Vietnã com 267.700 toneladas (ton), o Brasil com aproximadamente 104.600 ton, a Indonésia com 86.200 ton, a Índia com 67.000 ton (FAO, 2022). A considerar o ano de 2021, a produção brasileira foi de 118.057 toneladas, consolidando o país como o 2º maior produtor mundial da cultura (PAM/IBGE, 2022).

A importância econômica e social da cultura da pimenteira-do-reino para o Brasil e particularmente para o Estado do Pará é notória. A produção nacional tem variado ao longo da história, sendo a máxima em 1991, com cerca de 75 mil toneladas e exportação máxima em 1981, com quase 47 mil toneladas (Duarte, 2004).

Do total da produção nacional de pimenta-do-reino destacam-se os Estados do Espírito Santo, Pará e Bahia, que entre os anos de 2010 e 2021, responderam, em média, por 98,7% do volume produzido (IBGE, 2022).

O Pará se destaca na produção nacional com a maior área cultivada, com cerca de 16.322 hectares (ha) e produção de 35.469 ton em 2021 (IBGE, 2022), o equivalente a aproximadamente 30,04% da produção nacional e ocupando a 2ª posição no ranking de Estados produtores. Neste Estado a cultura é significativamente importante, por ser um produto de exportação, gerador de divisas<sup>1</sup> e absorvedor de mão de obra, uma vez que cada tonelada de pimenta-do-reino, corresponde diretamente a um emprego no campo (Duarte *et al.*, 2005; Filgueiras *et al.*, 2009).

O Estado do Espírito Santo, por sua vez, desde 2018, consolida-se como o maior produtor de pimenta-do-reino no Brasil. Em 2021, sua participação foi de 61,06% do total produzido no país (Moraes *et al.*, 2023).

A *Piper nigrum* L. é a única especiaria cujos frutos podem ser comercializados em 4 diferentes versões de frutos (Figura 1), a saber: preta (frutos na maioria colhidos maduros, debulhados das espigas e secos ao sol ou em secadoras); branca (frutos debulhados, secos e despolidos); verde (frutos debulhados ainda imaturos e colocadas em salmoura); e vermelha (frutos maduros de coloração avermelhada e

---

<sup>1</sup> Divisas (ou mercado de câmbio): processo de conversão para que determinada quantia de dinheiro possa ser utilizada em outro país. O mercado de câmbio é o ambiente no qual moedas estrangeiras são compradas e vendidas. Essas operações são viabilizadas por meio das divisas (STUMPF, 2023).

debulhados), embora a sua forma mais comum de comercialização seja a preta (Pissinate, 2006; EMBRAPA, 2023)

Figura 1 - Formas de comercialização da pimenta-do-reino



Fonte: TROPOC (2023).

A pimenta-do-reino é uma *commodity*<sup>2</sup>, cuja produção foi expandida e estimulada no Pará para atender à demanda mundial em razão, principalmente, do bom preço pago aos produtores, como cultura para recuperação de áreas degradadas devido as condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo e por ser uma alternativa a sistemas consorciados ou sistemas agroflorestais (Homma, 2004).

Estudo realizado pelo Departamento de Estudos Socioeconômicos Rurais da Secretaria de Agricultura Familiar – DESER, aponta que a variação do preço da pimenta-do-reino é um dos principais fatores determinantes para o movimento de aumento e queda da produção. Isso parece explicar em parte o fenômeno de grande oscilação do preço da tonelada de pimenta seca no mercado internacional, ora estimulado (entre 2009 e 2015, com altos preços), ora desestimulado como ocorreu em 2017 (DESER, 2008).

Quanto às divisas, também chamado de mercado de câmbio, em 2015, ocorreu o recorde de exportação com mais de 347 milhões de dólares, quando houve o pico máximo de 15 mil dólares/ton, com preço crescente desde 2009 (IBGE, 2022).

A adoção de tecnologias nos sistemas de produção é fundamental para elevar a produtividade e a longevidade das plantas, o que terá impacto na redução de novas

<sup>2</sup> *Commodity* é um termo inglês que significa “mercadoria” e é utilizado para se referir aos produtos de origem primária ou semielaborados, geralmente agrícolas ou minerais, mundialmente padronizados, com preços cotados e negociados pelas principais bolsas de mercadorias (Frederico, 2013).

áreas para plantio, queda nos custos de produção e aumento da geração de emprego e renda. Nesse contexto, uma das técnicas que proporcionam o aumento de produtividade por área nos cultivos é o uso de irrigação (Foley *et al.*, 2011) e de adubação adequada (Brasil *et al.*, 2020). A pimenteira-do-reino no Estado do Pará, é tradicionalmente cultivada por agricultores familiares, em áreas inferiores a cinco hectares por propriedade, que independente do preço se mantém o cultivo por esse segmento de produtores rurais (Moraes *et al.*, 2018).

Devido à escassez de espécies madeireiras, decorrente da exploração florestal desordenada e as exigências da legislação ambiental nacional (MMA, 1992) e estadual (SEMAS, 2002) dificulta a obtenção de estacões de madeira, de espécies nativas, de alta durabilidade às intempéries para servir de tutor para o cultivo da pimenteira-do-reino.

A limitação de oferta de tutor morto e os altos custos para aquisição, estão levando à reutilização de estacões usados (que podem acarretar problemas fitossanitários) e limitando a expansão do cultivo de espécies que dependem de tutores, como a pimenteira-do-reino e o maracujazeiro (Menezes *et al.*, 2013a; 2013b).

De acordo com Moraes *et al.*, (2023), como forma de reverter esse quadro, a Embrapa tem gerado soluções tecnológicas que se constituem em boas práticas para o cultivo sustentável da pimenteira-do-reino. Dentre essas práticas, destaca-se o uso da gliricídia como tutor vivo. A solução tecnológica, portanto, consiste no uso de estacas de gliricídia, como tutor, para o plantio de pimenteira-do-reino, em substituição ao uso do tutor morto com estacas de espécies madeireiras de valor comercial.

Pesquisas realizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, listadas em sua carteira de projetos, têm identificado necessidade de ajustes por meio da avaliação da adoção da tecnologia quanto à nutrição específica para o sistema de produção de pimenta-do-reino sob irrigação, principalmente no primeiro ano de cultivo (EMBRAPA, 2020).

Assim, considerando a importância da pipericultura no cenário regional, nacional e internacional, pretende-se que os resultados alcançados e as tecnologias geradas e adotadas neste estudo permitam o aumento da produtividade, longevidade da lavoura, melhorem a qualidade da pimenta-do-reino produzida e minimizem e/ou eliminem os problemas de impurezas e contaminantes, condições fundamentais para obtenção de um produto de qualidade.

Isto posto, considerando o tutor vivo como alternativa à substituição ao tutor de madeira, cabe investigar o estabelecimento da pimenteira-do-reino cultivada em tutor vivo de gliricídia a partir de cultivares mais adaptadas e mais produtivas; maior longevidade das plantas; e qualidade do produto obtido.

Face aos desafios de cultivar em tutor vivo de gliricídia com maior produtividade, longevidade e qualidade da pimenta-do-reino, as pesquisas devem contemplar a socioeconomia, recursos naturais e desenvolvimento do agronegócio no que consiste em estabelecer e identificar as condições adequadas de irrigação e adubação quanto às exigências hídricas e nutricionais para produção com viabilidade econômica da cultura.

Diante do cerne apresentado no problema da pesquisa, concebe-se as seguintes hipóteses:

- As cultivares de pimenteira-do-reino submetidas a doses ajustadas de N, P e K e sob condições de irrigação adequadas, apresentam maior produtividade e qualidade, no sistema de cultivo em tutor vivo de gliricídia.
- As cultivares de pimenteira-do-reino submetidas a doses de N, P e K balanceadas tem maior produtividade e qualidade no sistema de cultivo em tutor vivo (gliricídia), sendo economicamente viável aos produtores.
- As cultivares de pimenteira-do-reino sob condições de irrigação adequadas apresentam maior produtividade tanto em sistema de tutor vivo (gliricídia) quanto em tutor morto (estacão).
- O investimento realizado para o cultivo de pimenteira-do-reino, apresenta viabilidade econômica na adoção das tecnologias de manejo de irrigação e adubação.
- O cultivo de *Gliricídia sepium* L. em diferentes espaçamentos e adubações para a produção de estacas de tutor vivo apresenta viabilidade econômica ao produtor.

A pesquisa buscou explicações sobre o processo de estabelecimento do novo sistema de produção de pimenta-do-reino cultivado em tutor vivo de gliricídia no nordeste paraense. Nesse sentido, respondemos às seguintes indagações, intrinsecamente relacionadas aos objetivos geral e específicos, à base teórica e às estratégias deste estudo:

- a) Quais doses de N, P e K estão relacionadas à maior produtividade das cultivares de pimenteira-do-reino sob cultivo em tutor vivo e tutor morto, em condições de irrigação?
- b) Quais cultivares de pimenta-do-reino em tutor vivo e tutor morto, sob condições de irrigação, apresentam maior produtividade e melhor qualidade?
- c) Qual o manejo de irrigação garante o maior aproveitamento da água em benefício ao cultivo de pimenteira-do-reino em ambos os tutores?
- d) A partir dos coeficientes técnicos para o cultivo da pimenteira-do-reino em tutor vivo e tutor morto mediante as inovações tecnológicas inseridas, notadamente cultivares mais adaptadas, sob manejo hídrico e adubação de N, P e K, há viabilidade econômica?

#### Objetivo geral

Determinar a viabilidade do sistema de produção da pimenta-do-reino em tutor vivo (*Gliricidia sepium* L.) quanto a produtividade e qualidade da pimenta-do-reino com a inserção de cultivares mais adaptadas, sistema de irrigação e níveis de adubação nas condições edafoclimáticas do Nordeste do Estado do Pará.

#### Objetivos específicos

- a) Determinar as doses de N, P e K que garantem a maior produtividade de cultivares de pimenteira-do-reino sob cultivo em tutor vivo e tutor morto, em condições de irrigação;
- b) Identificar as cultivares de pimenta-do-reino em tutor vivo e tutor morto, sob condições de irrigação, que apresentam maior produtividade e melhor qualidade;
- c) Definir o manejo de irrigação garante o maior aproveitamento da água em benefício ao cultivo de pimenteira-do-reino em ambos os tutores (tutor vivo e tutor morto);
- d) Apresentar a viabilidade econômica e os indicadores técnicos para o cultivo da pimenteira-do-reino em tutor vivo e tutor morto mediante as inovações tecnológicas inseridas, notadamente cultivares mais adaptadas sob manejo hídrico e adubação com N, P e K.

## 1.1 Revisão de literatura

### 1.1.1 A cultura da pimenta-do-reino

Nativa das florestas úmidas da Costa do Malabar, no sudoeste da Índia (Nelson; Cannon-Eger, 2011), a pimenteira-do-reino pertence ao Reino Plantae, Divisão Magnoliophyta, Classe Magnoliopsida ou Dicotiledôneas, Ordem Piperales e família Piperaceae (EMBRAPA, 2004).

Com larga distribuição no mundo, a família Piperaceae é muito diversificada nos trópicos americanos e abundante em florestas de baixa e média altitude, que incluem o Sudeste Asiático, o sul do México, os Andes, Chocó (um distrito da Colômbia banhado pelos oceanos Pacífico e Atlântico) e Brasil, na Amazônia e a Mata Atlântica, considerados os centros de diversificação dessa família havendo próximo a 20 gêneros e 2.515 espécies disseminadas em todas as regiões tropicais (Dyer; Palmer, 2004). No Brasil, a família está representada pelos gêneros *Piper*, *Peperomia*, *Potomorphe*, *Ottonia* e *Sarcorrhachis* (Souza; Lorenzi, 2005) e existem sete cultivares recomendadas para o plantio, chamadas de Apra, Bragantina; Cingapura; Guajarina; laçará; Kottanadan e Kuthiiravally (Poltronieri; Lemos, 2014).

Dentre suas características botânicas e fisiológicas, a posição filogenética das espécies da família *Piperaceae* inclui um conjunto diversificado de Eudicotiledôneas chamadas de "paleoervas", plantas semelhantes às monocotiledôneas em certas características vegetativas, como, por exemplo, estípula adaxial e feixes vasculares dispersos (Loconte; Stevenson, 1991).

A pimenteira-do-reino é planta perene, semi-lenhosa, trepadeira que cresce aderida a tutores de madeira ou troncos de árvores, nos quais os ramos ortotrópicos ou de crescimento se fixam por meio de raízes adventícias do tipo grampiformes que surgem na região dos nós, produzindo frutos do tipo baga em inflorescências formadas nos ramos plagiotrópicos ou de frutificação (Poltronieri *et al.*, 2020).

O caule é formado por duas partes distintas: a haste central que possui raízes adventícias e grampiformes, que se originam nos nós e aderem livremente no suporte (ramo ortotrópico) e as hastes laterais que são desprovidas de raízes aderentes com gemas originando as flores e frutos (chamados ramos de frutificação ou plagiotrópicos). As folhas são pecioladas e localizadas à altura dos nós existentes nos ramos. A planta é rica em células secretoras de um óleo translúcido, frequentes nas

folhas e demais partes aéreas. Os elementos secretores são também representados por canais ou células de mucilagem nos tecidos das espécies de Piper (Dasgupta; Datta, 1980).

A inflorescência é uma espiga composta de flores aperiantadas, que podem variar aproximadamente, dependendo do clone/cultivar, atingir entre 10 e 20 cm de comprimento. A fecundação normalmente se dá entre flores diferentes de uma mesma espiga (geitonogamia). O fruto é uma drupa séssil, indeiscente, proveniente de um único óvulo. Quando maduro, o fruto possui de 4 a 6 mm de diâmetro e a casca adquire coloração avermelhada (Nogueira *et al.*, 1991).

O sistema radicular das plantas oriundas de propagação seminífera possui 3 a 6 raízes laterais fasciculadas, localizadas, na maior parte, numa profundidade de até 30 cm, num raio de aproximadamente 60 cm em torno da planta e uma raiz central, que ajuda a fixar a planta no solo (Albuquerque e Conduru, 1971).

No Pará, a maturação dos frutos ocorre no período de junho a setembro e no sul da Bahia e Espírito Santo existem dois períodos de maturação: entre os meses de março a abril e outubro a novembro. O intervalo entre a floração e a maturação é de seis meses (Nogueira *et al.*, 1991).

Adaptada à região norte do Brasil, que apresenta condições consideradas favoráveis ao cultivo (clima quente e úmido e precipitação pluvial anual entre 1.500 mm e 2.000 mm bem distribuídas ao longo do ano), a pipericultura é uma atividade econômica viável a pequenos, médios e grandes produtores da Região Amazônica (Andrade *et al.*, 2017). Sob cultivo intensivo, a pleno sol e com adubação balanceada, a produção pode atingir de 3 a 4 toneladas de pimenta seca por hectare, cultivada no espaçamento de 2,5 x 2,5m, num total de 1.600 plantas por ha (Duarte *et al.*, 2005).

### 1.1.2 O mercado e a pimenta-do-reino

A pimenta-do-reino já foi um dos bens mais procurados pelos nobres europeus, chegando a ser empregada como moeda até mesmo no pagamento de impostos e ainda hoje é uma das especiarias mais importantes e utilizadas no mundo, com valor econômico no mercado mundial (D'Addazio, 2017).

Atualmente é cultivada em escala comercial em 26 países, principalmente na Indonésia, Malásia, Brasil, Vietnã, China e Tailândia (Ravindran, 2000), os quais

contribuíram, em 2018, para o abastecimento mundial com 456.000 toneladas, com estimativa de crescimento na ordem de 2,4% ao ano.

Comparativamente ao Vietnã, Indonésia, Índia e Malásia, o Brasil oscila entre o 2º e 4º maior produtor mundial da especiaria (Oliveira *et al.*, 2011), e aqui essa cultura se destaca por gerar emprego e renda, especialmente entre os produtores familiares. Atualmente o Brasil é o 2º maior produtor e exportador de pimenta-do-reino no mundo (SNA, 2023).

De acordo com censo agropecuário de 2017, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), existiam 32.799 mil estabelecimentos agropecuários com pimenta-do-reino no Brasil; desse total, 83% eram familiares, sendo a área cultivada no Brasil com pimenteira-do-reino é de aproximadamente 21.500 mil hectares.

A pimenteira-do-reino é uma das plantas condimentares mais valorizadas do mundo, permitindo que a atividade desenvolvida pelos pipericultores seja altamente rentável. O desenvolvimento e expansão do cultivo dessa espécie figura como peça importante dentre as atividades econômicas da agricultura paraense, destacando-se entre as cinco mais importantes culturas da lavoura permanente, tanto no volume como no valor da produção (Filgueiras *et al.*, 2009).

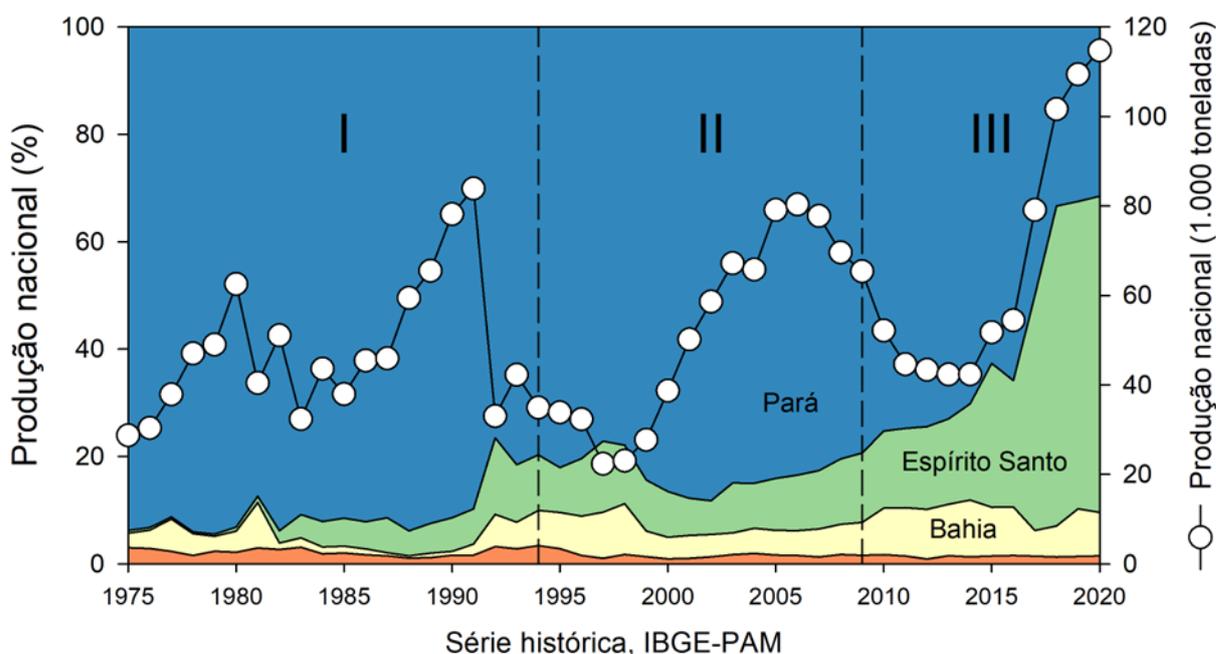
A partir de 2010 os preços da pimenta passam a ter uma tendência crescente atingindo o apogeu em 2015, com R\$ 32,27 por kg. Mesmo decrescente a partir de 2015 os níveis de preços ainda se mantêm elevados comparados aos preços anteriores de 2010. Estes altos preços constituíram em atrativo para os produtores capixabas em aproveitarem as áreas de cafeeiros para desenvolverem o plantio de pimenteira-do-reino, com quase o dobro da produtividade média paraense (79%), com área colhida quase similar, conseguiram quase dobrar a produção paraense (87%) em 2000. A partir de 2018, o Estado do Espírito Santo ultrapassa a produção paraense, quase duplicando e com sensível aumento na produtividade (Campos *et al.*, 2022).

A produção anual de pimenta-do-reino no Brasil, em 2018, expressivamente oriunda de pequenos produtores, foi de 101.274 mil toneladas, principalmente nos Estados do Espírito Santo e Pará, responsáveis por mais de 93% da produção nacional, com 60.425 mil ton e 33.657 mil ton, respectivamente (IBGE, 2022).

O Estado do Pará, ocupava no ano de 2017, a posição de primeiro produtor nacional de pimenta-do-reino, seguido pelo Estado do Espírito Santo (no Sudeste) e

Bahia (no Nordeste) (Figura 2), possuindo também a maior área plantada e direcionando a linha de tendência de produção desta espécie no País (Silva *et al.*, 2017).

Figura 2 - Série histórica de produção nacional de pimenta-do-reino (mil toneladas) e fração de produção nos principais estados produtores

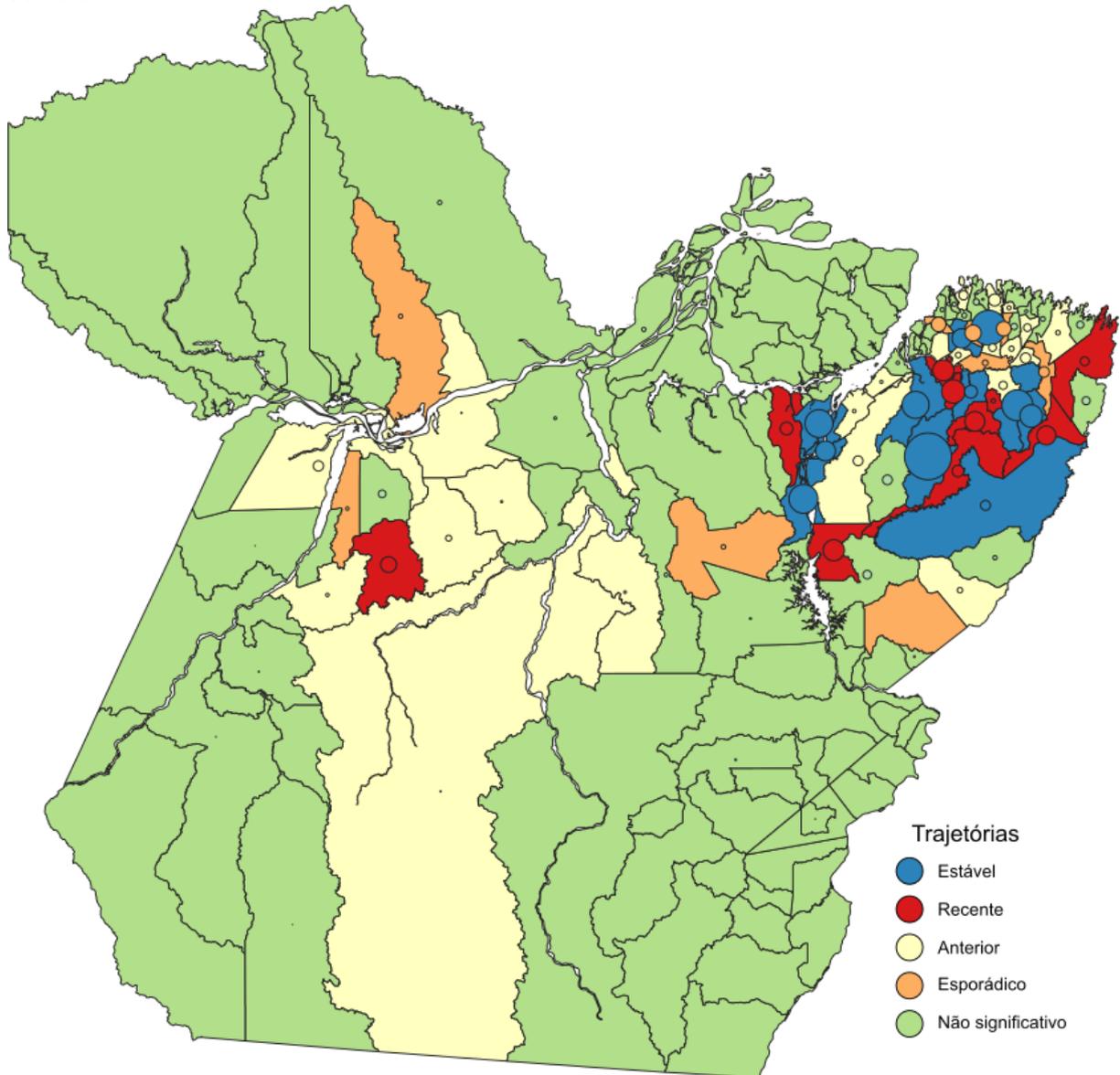


Fonte: IBGE (2022).

Apesar do Estado do Pará (Figura 3) possuir condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo da pimenteira-do-reino, da área colhida variar entre 14 e 19 mil hectares (ha) por ano (entre 2010 e 2018), apresentou baixa produtividade em 2018, cerca de 2.200 Kg/ha (IBGE, 2022).

Atualmente, o Espírito Santo se destaca como maior produtor devido à expansão da área colhida de cerca de 2.300 ha no ano de 2010 para mais de 15.200 ha no ano de 2018, associada a produtividade em torno de 3.900 Kg/ha.

Figura 3 - Cartograma das trajetórias dos municípios e produção atual de pimenta-do-reino no Estado do Pará



Fonte: Mourão (2017).

### 1.1.3 Cultivo de pimenteira-do-reino em tutor vivo de gliricídia

O cultivo da pimenteira-do-reino, oferece como desafio adicional ao cultivo a necessidade do uso de um tutor, no qual os ramos ortotrópicos ou de crescimento se fixarão por meio de raízes grampiformes e darão origem aos ramos plagiotrópicos ou de frutificação, processo que fornecerá suporte ao longo de todo o cultivo ao crescimento e produção dessa espécie (Poltronieri *et al.*, 2020).

As restrições de natureza ambiental têm refletido na escassez de estações para uso no plantio. A utilização do tutor vivo de gliricídia (*Gliricidia sepium* L.), trazida da República Dominicana por Armando Kouzo Kato (1949-2000) em 1995 e adaptada

por Hideyuki Ishizuka, vem sendo adotada por produtores a partir de 2004, e ocorre com forte expansão a partir de 2014, com a elevação de preços da pimenta no Estado do Espírito Santo (Menezes *et al.*, 2013a; 2013b).

O uso de estacas de *Gliricidia sepium* L. como tutor vivo vem se configurando alternativa aos produtores de pimenta-do-reino devido aos baixos custos e às dificuldades de aquisição de estacação de madeira pelo esgotamento das espécies de madeiras-de-lei (maçaranduba, acapu, jarana, entre outros). Outrossim, o uso de estacões tem custos elevados, provoca impactos negativos ao meio ambiente e à diversidade biológica e exige necessidade de adequação à legislação ambiental para uso de madeira de lei da floresta. Assim, a gliricídia é uma alternativa viável como tutor vivo para pimenteira-do-reino, prática adotada em outros países, que no Brasil constitui o sistema de cultivo semi-intensivo (Rodrigues *et al.*, 2019).

Essa espécie é uma leguminosa que se propaga por estacas, podendo alcançar até 12 metros de altura e 30 centímetros de diâmetro. Entretanto, sem o manejo adequado do sistema de produção da pimenta-do-reino em gliricídia, tem sido observada redução na produtividade na ordem de 20 a 30% (Menezes *et al.*, 2013).

Neste contexto, considerando a relevância desta cultura no cenário paraense, a definição de sistema de irrigação e adubação específicos para pimenteira-do-reino cultivada em gliricídia, como tutor vivo, terá reflexo no aumento de produção.

O uso da gliricídia como tutor vivo no sistema de produção da pimenta-do-reino reduz em 27% o custo de implantação de um hectare quando comparado com a implantação do cultivo tradicional, usando o tutor morto. Essa alternativa de tutor para o sistema de cultivo também melhora a qualidade do produto (devido principalmente à redução expressiva de produtos químicos aplicados no produto) a saúde e a segurança ocupacional decorrentes da diminuição do calor na plantação (por conta da gliricídia) e aumenta a geração de renda do estabelecimento, resultante sobretudo, da possibilidade de comercialização de tutor vivo, além da própria venda da pimenta-do-reino (Moraes *et al.*, 2017).

Dessa forma, o cultivo da pimenteira-do-reino com uso do tutor vivo de gliricídia, tecnologia desenvolvida pela Embrapa Amazônia Oriental, se constitui em uma solução tecnológica viável, principalmente para os pequenos produtores, na medida em que possibilita uma redução nos custos de implantação de novos pimentais, considerando que o custo médio unitário do tutor vivo de gliricídia está em torno de R\$ 4,00 (EMBRAPA, 2018).

Diversos autores destacam que, apesar da relevância das condições técnicas e práticas do cultivo de pimenteira-do-reino no cenário mundial, a produção de conhecimentos que garantam a produção sustentável e econômica da cultura ainda são escassos (Silva *et al.*, 2011; Thankarnani *et al.*, 2003; Ravindran, 2000).

Em se tratando do Estado do Pará os estudos relacionados ao cultivo de pimenteira-do-reino irrigada também são insuficientes, seja pelo manejo inadequado da água na irrigação ou pela implantação de sistemas de irrigação inviáveis, nos aspectos econômicos e/ou de produção, o que induz a maioria dos produtores a adotar recomendações direcionadas à outras regiões de condições agroclimáticas totalmente distintas das quais eles se encontram, gerando aumento de custos de produção, elevando a possibilidade de salinização do solo e os desperdícios de insumos.

Fatores como a intensificação de mercados consumidores cada vez mais exigentes por produtos de qualidade, a inquestionável escassez dos recursos naturais, especialmente os recursos hídricos, forçam a discussão e o desenvolvimento de tecnologias de produção agrícola que sejam mais eficientes e sustentáveis. Neste viés, Souza *et al.* (2013) pontua que a agricultura irrigada vem crescendo no Estado do Pará, porém o nível de informação dos agricultores e profissionais sobre os aspectos técnicos e econômicos da irrigação é insatisfatório.

De forma geral, analisando os efeitos do uso de tutor vivo de gliricídia na cadeia produtiva da pimenta-do-reino verifica-se que os impactos positivos da sua adoção estão ligados, principalmente, ao aumento da renda dos produtores, em função da redução do custo de implantação; da garantia e manutenção da produção; e aos benefícios ambientais, relacionados à melhoria na qualidade do solo e dos benefícios à biodiversidade.

#### 1.1.4 A irrigação no cultivo da pimenteira-do-reino

O Estado do Pará possui condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo da pimenteira-do-reino, cujo desenvolvimento e expansão do cultivo tornou-a como uma das principais atividades econômicas da agricultura paraense, destacando-se entre as cinco mais importantes culturas da lavoura permanente, tanto no volume como no valor da produção (Filgueiras *et al.*, 2009).

A irrigação, que representa importante custo adicional à produção, exige alto investimento em obras e aquisição de insumos e equipamentos para captação,

condução, controle e distribuição da água, devendo ser considerados ainda gastos com energia e mão-de-obra para operação e manejo do sistema. Desta forma, a determinação da viabilidade econômica de um empreendimento que se inicia é fundamental para que este tenha sucesso (Vilas Boas *et al.*, 2011; Lima Junior *et al.*, 2011).

Resultados de Marouelli *et al.* (2011) sugerem que a tecnologia de irrigação dentro dos parâmetros técnicos exigidos atua como uma das estratégias relevantes para definição do momento a irrigar e a quantidade de água a ser aplicada e indicam a faixa de tensão crítica de água no solo entre 20 e 40 kPa. Por sua vez, Coelho; Simões (2015) apontam que a tensão crítica de água no solo deve ser medida com auxílio de sensores de umidade (tensiômetros) que, quando bem instalados, podem registrar na faixa de 0 a 80 kPa.

Nas últimas décadas, no Estado do Pará, o cultivo da pimenteira-do-reino tem recebido um manejo convencional, no qual as práticas culturais são aplicadas uniformemente, com base em médias, considerando a homogeneidade dos fatores de produção em todo o campo, sem critérios ou realização de análise de solo. Porém, o desconhecimento pontual desses fatores pode proporcionar metas impróprias de produtividade com uso excessivo de insumos, tornando a produção ineficiente com altos custos e danos ambientais.

O avanço da agricultura de precisão permite aos produtores desenvolverem seus manejos e incorporarem tecnologias de forma a obter resultados que incluem, dentre outras vantagens: o aumento da produtividade; a otimização do consumo de água, fertilizantes e defensivos; a diminuição dos impactos ambientais nos ecossistemas; maior segurança aos indivíduos e a melhoria dos processos; além do aumento da eficiência e o melhor monitoramento das lavouras. Trata-se, portanto, da oportunidade de se mapear e manejar a variabilidade de atributos tornando possível o estabelecimento de zonas de manejo, que possuem características próprias e são determinantes sobre os índices de produtividades obtidos (Saraiva *et al.*, 2000).

A aplicação da agricultura de precisão ainda não é uma realidade na agricultura brasileira, especialmente no Estado do Pará e para a cultura da pimenta-do-reino, uma vez que existem poucos trabalhos com esta abordagem.

Neste cenário, constatamos que, apesar das pesquisas, ainda existe grande carência de parâmetros técnicos para que seja realizado o manejo adequado da água na irrigação e adubação da pimenta-do-reino no contexto climático amazônico que,

apesar dos altos índices pluviométricos, possui chuvas distribuídas (ou mal distribuídas) ao longo do ano, tendo 90% da precipitação concentrada entre os meses de dezembro a junho em muitas regiões do estado (Sousa; Sousa, 2011).

## **1.2 Apresentação dos experimentos realizados**

### **1.2.1 Pesquisas e desenvolvimento anteriores aos experimentos em estudo**

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, há décadas vem desenvolvendo estudos sobre a cultura da pimenta-do-reino na Região Amazônica, mais especificamente no Nordeste Paraense, o que tem gerado várias tecnologias que se constituem em boas práticas para o cultivo e a obtenção de pimenta-do-reino de qualidade, entre as quais, além do uso de tutor vivo, podemos citar a cobertura do solo com leguminosas, o uso de cultivares produtivas e adaptadas, a produção de mudas livres de doenças e vírus, a identificação e o controle alternativos de doenças, além de práticas adequadas para colheita, secagem e armazenamento do produto, a afim de evitar riscos de contaminação (EMBRAPA, 2020).

Para alcançar estes resultados, diversas Unidades de Observação (UO's) e Unidades de Referência Tecnológicas (URT's) foram implantadas com objetivo de avaliar, observar e pesquisar o comportamento e desenvolvimento de diversos genótipos juntamente com o tipo de tutor que é cultivado, e em diferentes regiões ou municípios do Estado do Pará. Então, com a implantação dessas UO's e URT's nos municípios de Baião, Castanhal, Igarapé-açu, Mocajuba, Mojuí dos Campos e Tomé-Açu, no período de 2017 a 2020, tendo os resultados sido publicados, e as informações subsidiado a cadeia produtiva e novos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento.

É importante ressaltar tais pesquisas, nos quais seus resultados e conclusões nos nortearam e foram de fundamental importância para a implantação do Experimento que esta tese trata, pois, a partir dos resultados preliminares, houve percepção da necessidade de refinar as pesquisas para o sistema de produção da pimenteira-do-reino. No geral, algumas das conclusões trazidas pelas pesquisas já realizadas:

a) *O tipo de tutor, gliricídia ou estação de madeira, exerce influência nos caracteres de crescimento e produção de materiais genéticos de pimenteira-do-reino.*

b) *As cultivares exibem comportamentos diferentes quando cultivadas em tutor vivo de gliricídia, nos quais algumas apresentam caracteres que são influenciados positivamente do que quando cultivada com estação.*

Essas pesquisas fornecem informações que contribuem para a adoção de tutor vivo de gliricídia pelo produtor, entretanto, é necessário que sejam realizadas pesquisas e estudos complementares envolvendo: nutrição de plantas, irrigação, condições fitossanitárias e de manejo para maximizar o aproveitamento dessa tecnologia no campo, além de aspectos como produção e produtividade da pimenteira-do-reino utilizando esse sistema de produção.

Neste sentido, a Embrapa Amazônia Oriental apresenta em sua agenda de prioridades, a atualização tecnológica do sistema de produção do cultivo da pimenteira-do-reino para o Estado do Pará e dentre seus objetivos finalísticos, incrementar em 20%, até o ano de 2030, o benefício econômico gerado por práticas agropecuárias e tecnologias sustentáveis redutoras de custos desenvolvidas pela Embrapa e parceiros (EMBRAPA, 2020).

#### 1.2.2 Parcerias de cooperação técnica e cofinanciamentos

A parte experimental, integrada à proposta de pesquisa, encontra-se em andamento, desde novembro de 2019, a partir da formalização de parceria e efetivação de contratos com o viveiro Pró-mudas para conservação plantas e produção de mudas livres de vírus em estufa anti-afídica para produção em larga escala das mudas (EMBRAPA Cód. SAIC 22500.19/0031-3) e com a empresa Produtos Tropicais de Castanhal Ltda. (TROPOC) na qual o experimento está instalado com os clones Bragantina, laçará, cv. Embrapa/clonada, Uthirankotta, Guajarina e Equador, visando a obtenção de resultados sobre nutrição, irrigação e formação de jardim clonal (EMBRAPA Cód. SAIC 22500.19/0036-2).

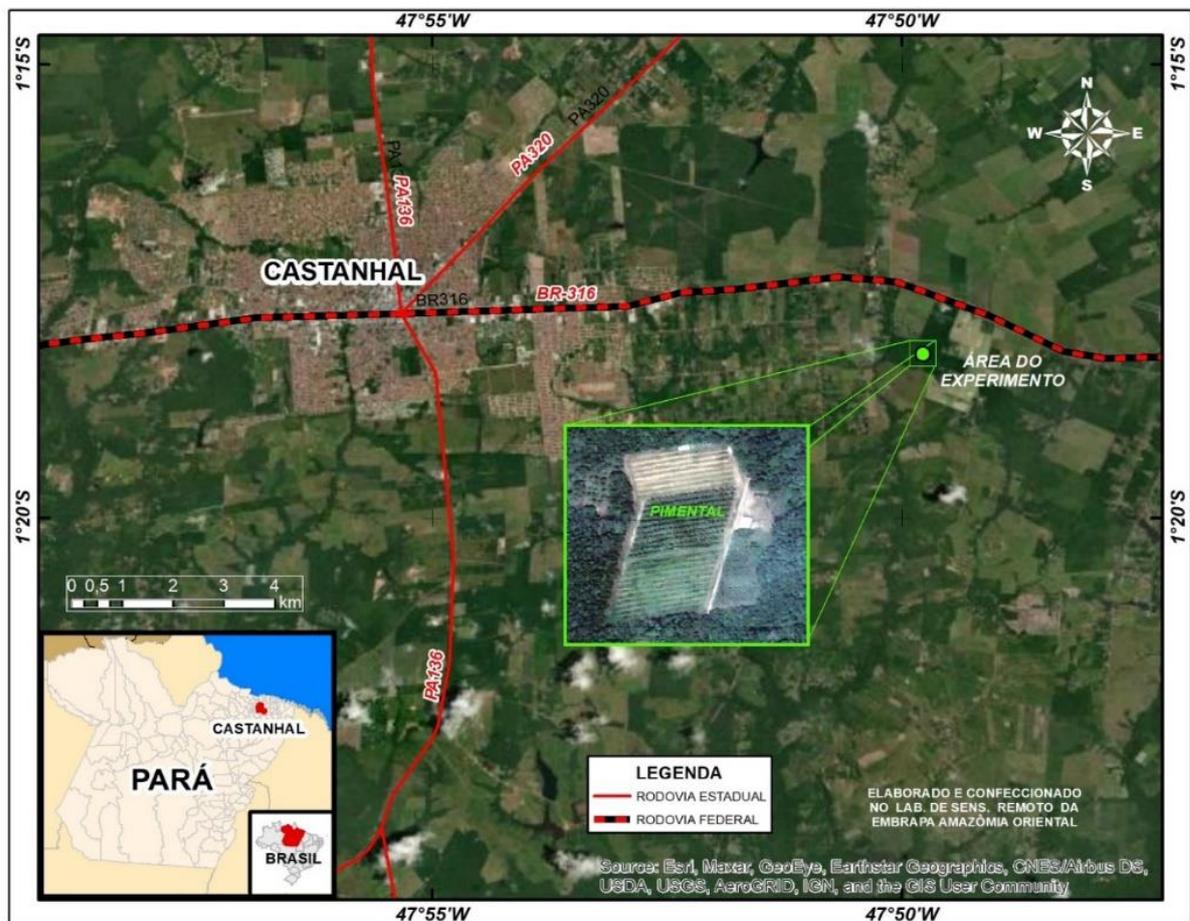
Estas ações foram implementadas como atividades ligadas ao Projeto intitulado "Pesquisa e transferência de tecnologias para o cultivo sustentável da pimenteira-do-reino em tutor vivo para agricultura familiar", de código SEG: 04.16.00.017.00.00, da Chamada 00/2016 - Projetos cofinanciados - Nacional e Internacional, tendo o Banco da Amazônia S/A. como Instituição Financiadora. O projeto citado foi continuidade ao projeto MP4: "Adoção de boas práticas para o aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino", encerrado em 2015.

### 1.2.3. Local de implantação e unidades experimentais

Os estudos em campo foram desenvolvidos no município de Castanhal, situado a 68 km de Belém, capital do Estado do Pará, na microrregião homogênea Bragantina, com área de 1.003 km<sup>2</sup>, com 85% da topografia plana, 13% levemente ondulada e 2% com áreas de várzeas. Castanhal limita-se ao Norte com os municípios de Santo Antônio do Tauá e Terra Alta; ao Sul com os municípios de São Miguel do Guamá, Inhangapí e Santa Izabel do Pará; a Leste com os municípios de São Francisco do Pará e Igarapé-Açu e a Oeste com o município de Santa Isabel e Santo Antônio do Tauá, conforme dados obtidos do IBGE (2023).

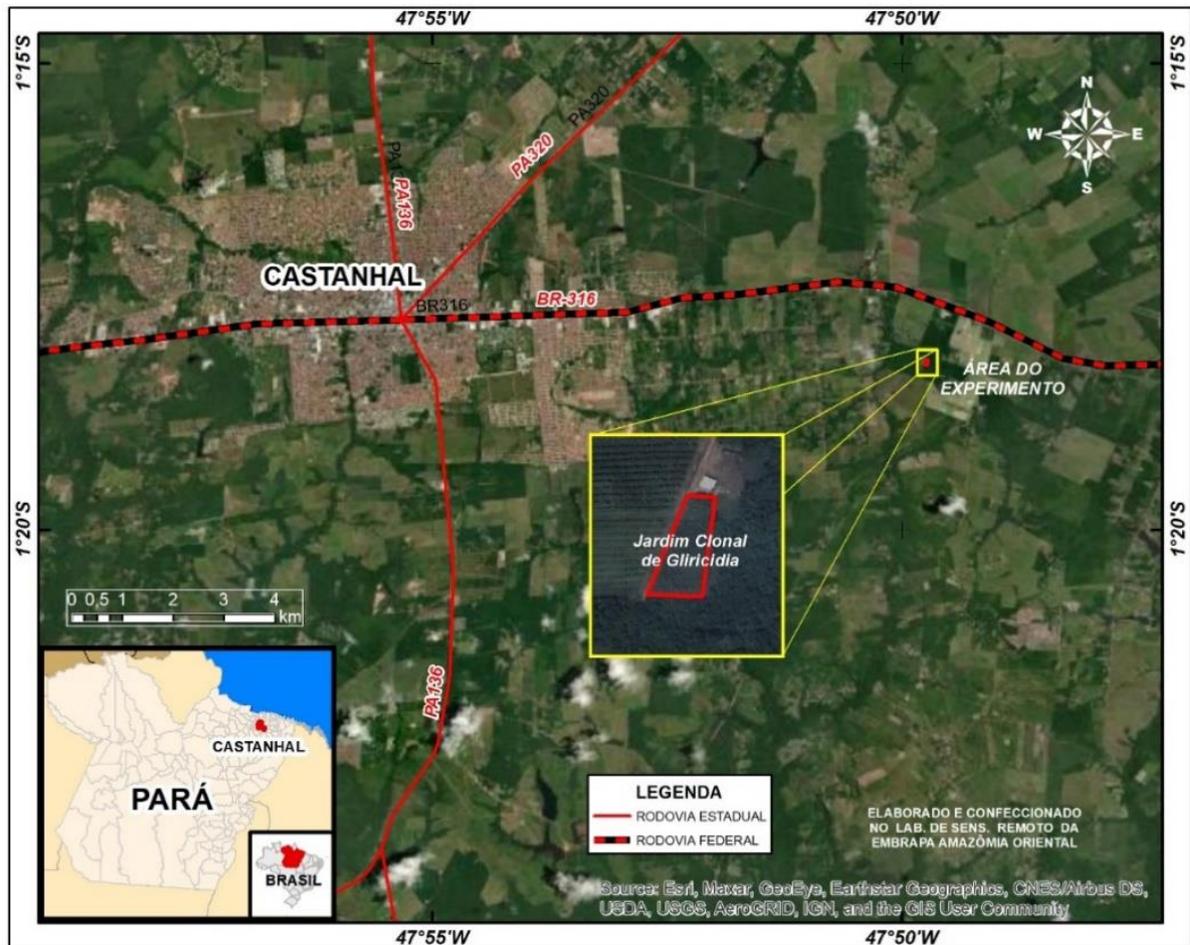
O experimento tem área total de 2 hectares estando implantado na TROPOC, situada à estrada Rodovia BR 316, s/n, Km 74,6, na Zona Rural do município já mencionado, a 40 metros de altitude, considerando as condições climáticas da região (CIDADE-BRASIL, 2022), a 01° 15' 50" S e 47° 55' 20" W (Figura 4 e Figura 5).

Figura 4 - Mapa de localização do experimento de cultivo de pimenteira-do-reino



Fonte: IBGE (2023). Elaborado pelo laboratório de sensoriamento remoto da Embrapa Amazônia Oriental (2023).

Figura 5 - Mapa de localização do experimento de Jardim Clonal de Gliricídia



Fonte: IBGE (2023). Elaborado pelo laboratório de sensoriamento remoto da Embrapa Amazônia Oriental (2023).

O estudo foi realizado em duas unidades experimentais, detalhadas a seguir:

- Área experimental de Cultivo de pimenteira-do-reino irrigada em tutor vivo de Gliricídia e tutor morto, com objetivo de testar e validar produtividade de seis genótipos de pimenteiras-do-reino submetidos a diferentes doses de N, P e K.
- Área experimental de Jardim Clonal de Gliricídia, com objetivo de testar e validar o cultivo de Gliricídia para produção de Estacas Mudas e Estacas de Tutor Vivo de Gliricídia.

O jardim clonal, nada mais é do que o cultivo de plantas matrizes, no qual foram testados espaçamentos variados, doses de adubação mineral (NPK),

desenvolvimento, tamanho e tempo de corte (colheita) de estacas para Tutor Vivo (Figura 6 – B).

Ressalta-se que o delineamento, tratamentos e detalhamento metodológico das variáveis estudadas em ambos os experimentos, podem ser encontrados no item Materiais e Métodos no decorrer deste trabalho.

Figura 6 - Foto aérea dos Experimentos: Pimental (A), Jardim clonal de Gliricídia (B) e Cabeçal de Controle de Irrigação (C)



Foto: ROSA (2021).

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. C. de; CONDURÚ, J. M. P. **Cultura da Pimenta-do-reino na Região Amazônica**. Belém, PA: IPEAN, 1971. 149 p. (IPEAN. Fitotecnia, v. 2, n. 3).
- ANDRADE, C. G. C.; SILVA, M. L.; SALLES, T. T. Fatores Impactantes no Valor Bruto da Produção de Pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) no Pará. **Floresta e Ambiente**. [online]. v. 24, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.145615>.
- BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S.; VIEGAS, I. de J. M. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Pará**. 2a ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2020. 419 p.
- BUENO, A.M.C.; TORRES, D.A.P. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 e bioeconomia: oportunidades e potencialidades para atuação da Embrapa**. Brasília, DF : Embrapa, 2022. 103 P.
- CAMPOS, M. V. A., HOMMA, A. K. O., DE MENEZES, A. J. E. A., FILGUEIRAS, G. C., & MARTINS, W. B. R. Dinâmica dos sistemas agroflorestais com as sinergias socioeconômicas e ambientais: caso dos cooperados nipo-paraenses da cooperativa agrícola mista de Tomé-Açu, Pará. **Research, Society and Development**, 2022, v. 11, n. 1, p. e22811121000-e22811121000, 2022.
- CIDADE-BRASIL, 2022. <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-castanhal.html>
- COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L. **Onde Posicionar Sensores de Umidade e de Tensão de Água do Solo Próximo da Planta para um Manejo mais Eficiente da Água de Irrigação**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Semiárido, 2015. 6p. il. (Embrapa Semiárido. Circular Técnica 109).
- CROPLIFE BRASIL (CLB, 2022). **Inovação coloca agricultura brasileira no caminho dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. <https://croplifebrasil.org/noticias/inovacao-na-agicultura-e-ods/05/10/2022>. Acesso em maio de 2023.
- D'ADDAZIO, Verônica. Crescimento micelial de *Fusarium solani* f. sp. *piperis* e respostas de cultivares de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) ao estresse abiótico e biótico: biometria, fotossíntese, resistência e avaliação de produtos alternativos de controle da fusariose. **Tese (Doutorado em Biologia Vegetal)**. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES. 2017.
- DASGUPTA, A.; DATTA, P.C. **Medicinal species of Piper, pharmacognostic delimitation**. Quarterly Journal of Crude Drug Research, v. 18, n. 1, p. 17-25, 1980.
- DESER. Departamento de estudos socioeconômicos rurais da Secretaria de Agricultura Familiar/MDA. **A cadeia produtiva da pimenta**. Curitiba, Paraná, 2008.
- DUARTE, M. L. R.; ALBUQUERQUE, F. C.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Doenças da Pimenteira-do-Reino (*Piper nigrum*). In: KIMATI, H.; et al., (Eds.) **Manual de Fitopatologia**. V. 2. 4ª Ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. p.507-516.

DUARTE, M. **Cultivo da pimenteira-do-reino na Região Norte**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

DYER, L.A., PALMER, A.N. **Piper: A model genus for studies of evolution, chemical ecology and tropic interactions**. Klumer Academic Publishers, New York, cap. 7, 2004.

EMBRAPA - EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Manual Segurança e Qualidade para a Cultura da Pimenta-do-Reino**. Brasília: EMBRAPA/SEDE, 65 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS Campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA, 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p.

EMBRAPA. Projeto de pesquisa e transferência de tecnologias para o cultivo sustentável da pimenteira-do-reino em tutor vivo para agricultura familiar. **Carteira de projetos Embrapa, 2020**. Acesso em abril de 2023. <https://sistemas.sede.embrapa.br/ideare/pages/home/principal/principalframesnovo>.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **VII Plano Diretor da Embrapa: 2020-2030**. Brasília, DF, 2020. 31 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil em 50 alimentos**. 277-281p. Livro. 359p. ISBN 978-65-89957-68-3. Brasília, DF, 2023.

FAO. Food and Agriculture of the United Nations. **Statistical Databases**. 2022. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 18 jan. 2023.

FILGUEIRAS, G.C.; HOMMA, A.K.O.; SANTOS, M.A.S. Conjuntura do mercado da pimenta-do-reino no Brasil e no mundo. In: **Workshop da pimenta-do-reino do Estado do Pará**. Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental, 2009.

FOLEY, J. A. *et al.*, Solutions for a cultivated planet. Nature, vol 478, 2011, 337-342. Automação de sistemas de irrigação em fruticultura irrigada. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 16., 2000, Fortaleza, CE. Palestra. Fortaleza, 2000. p. 156-181.

FREDERICO, Samuel. Lógica das commodities, finanças e cafeicultura. Boletim Campineiro de Geografia. **Revista científica da AGB-Campinas**. v.3, n. 1, 20p. 2013

Homma, A. K. O. **Civilização da pimenta-do-reino na Amazônia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 34p. 1996, Aracaju. Anais. Brasília: SOBER, 1996.

HOMMA, A. K. O. Dinâmica dos sistemas agroflorestais: o caso da colônia agrícola de Tomé Açu, Pará. **Revista do IESAM**, v.1, n. 2, p. 57-65, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – (2019). **Censo Agropecuário**. Acesso em junho de 2023. Disponível em <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - (2022). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA): Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil**. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: jun. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal - PAM 2020-2022**. Disponível em < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas> >

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - (2023). **Cidades e Estados do Brasil**. Acesso em junho de 2023. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/>

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Brasil 2035: cenários para o desenvolvimento**. Brasília. Ipea Assecor, 2017. 320 p. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=30156](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=30156) Acesso em maio de 2023.

ISHIZUKA, Y., KATO, A. K., CONCEIÇÃO, H. E. O., & DUARTE, M. L. R. (2004). **Sistema de cultivo sombreado**. In: Duarte, M. L. R. Cultivo da pimenteira-do-reino na Região Norte. Belém, PA. *Embrapa*, Embrapa Amazônia Oriental, (Embrapa Amazônia Oriental. Sistemas de produção), 2004. Pag. 83-89.

LEMOS, O.F. de; BOTH, J.P.C.L. **Qualificação da tecnologia: O cultivo de pimenteira-do-reino em tutor vivo de gliricídia**. Sistema de Gestão das Soluções Tecnológicas da Embrapa (GESTEC). Embrapa, DF. 2022. Acesso em maio de 2023. <https://sistemas.sede.embrapa.br/gestec/paginas/home.xhtml>

LIMA JÚNIOR, J. A. de. **Irrigação por gotejamento na cultura da cenoura: manejo e custos de produção**. 133 p. 2011. Tese (doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2011.

LOCONTE, H.; STEVENSON, D.W. **Cladistics of the Magnoliidae**. *Cladistics*, v. 7(3), p. 267-296, 1991.

LOURINHO, Marcela *et al.*, **Conjuntura da pimenta-do-reino no mercado nacional e na região norte do Brasil**. Enciclopédia Biosfera, v. 10, n. 18, 2014.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Conceitos. Conheça a base conceitual do Programa Nacional de Bioinsumos**. Atualizado em 2021. Acesso em nov. 2023. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>.

MARQUELLI, W.A. *et al.*, Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V.F. *et al.* (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 157-232.

MENEZES, A. J. E. A. de. *et al.*, **Gliricídia como tutor vivo para pimenteira-do-reino. Embrapa Amazônia Oriental. Série documentos 393**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 31p., (2013a; 2013b) 2013.

MENEZES, A. J. E. A. **Tutor vivo com gliricídia**. In: Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará. Brasília, DF: Embrapa, 52p. 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Portaria IBAMA Nº 37-N, de 03 de abril de 1992. Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/179/\\_arquivos/179\\_05122008034139.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008034139.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2022.

MORAES, A. J. G. de. *et al.*, **Avaliação dos impactos econômico, social e ambiental do cultivo da pimenteira-do-reino com tutor vivo de gliricídia no Estado do Pará**. In: Congresso Da Sociedade Brasileira De Economia, Administração E Sociologia Rural - SOBER, 55. 2017, Santa Maria, RS. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163059/1/8358.pdf>. Acesso em: Jan, 2020.

MORAES, Aldecy José Garcia de; *et al.* Avaliação dos impactos econômico, social e ambiental do cultivo da pimenteira-do-reino com tutor vivo de gliricídia no Estado do Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 3696-3715, 2018.

MORAES, A. J. G. de; SILVA, E. S. A. **Relatório de avaliação dos impactos de soluções tecnológicas geradas pela Embrapa: Cultivo da pimenteira-do-reino com tutor vivo de gliricídia**. Belém, Embrapa Amazônia Oriental. 2023. 28p.

MOURÃO JR., M. **Modelização espacial de territorialidades no estado do Pará: entre a Amazônia dos rios e das estradas**. Paris: Université Sorbonne Paris Cité, 2017. 321 p. < <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01720892/> >

NELSON, S.C.; CANNON-EGGER, K.T. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Black Pepper (*Piper nigrum* L.). 2ª edição. ELEVITCH, C.R. (Ed.). **Permanent Agriculture Resources (PAR)**, Holualoa, Hawaii, 2011.

NOGUEIRA, O. L., DE CONTO, A. J., CALZAVARA, B. B. G., TEIXEIRA, L. B., KATO, O. R., & DE OLIVEIRA, R. F. **Recomendações para o cultivo de espécies perenes em sistemas consorciados**. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa/CPATU. 1991.

OLIVEIRA, B. S., NETO, A. P. D., & DA SILVA, M. B. Pimenta-do-reino: importância da defesa fitossanitária para a sustentabilidade da atividade na região norte do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 2011.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Como as Nações Unidas apoiam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 05 de maio de 2023.

PAM. PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL - 2021: **culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>> Acesso em: 18 jan. 2023.

PISSINATE, K. Atividade citotóxica de *Piper nigrum* e *Struthanthus marginatus*. Estudo preliminar da correlação entre a citotoxicidade e hidrofobicidade da piperina e derivados sintéticos. **Dissertação de Mestrado**. Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, p. 1-110, 2006.

POLTRONIERI M. C., RODRIGUES S. DE M., LEMOS O. de F., MENEZES I.C. de, BOTH; J.P.C.L. **Estado da arte do melhoramento genético de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.)**. Embrapa. Belém, PA. 2020. 22 p.

POLTRONIERI, M.C.; LEMOS, O.F. **Pimenta do reino: cultivares**. Boletim Técnico: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014.

PORTAL. **Portal do agronegócio**. Setor de bioinsumo, além de ampla movimentação econômica, tem perspectiva de crescer no Brasil acima dos índices no contexto externo. Editora Gazeta. Publicado em: 07/06/2021. Disponível em <https://www.portaldogronegocio.com.br/agroindustria>. Acesso em maio de 2023.

RAVINDRAN, P.N. Introduction of Black Pepper. In: RAVINDRAN, P.N. (Ed.) Medicinal and Aromatic Plants: Black Pepper, *Piper nigrum*. **India: Indian Institute of Spices Research**, v. 13, cap. 4, p. 163-224, 2000.

RODRIGUES, S. D. M., Poltronieri, M. C., de Lemos, O. F., Araújo, S. M. B., & Both, J. P. C. L. **Avaliação de cultivares de pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) em dois tipos de tutores no município de Igarapé-Açu, Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2019.

ROSA, Ronaldo Macêdo da. Fotógrafo e Técnico da Embrapa Amazônia Oriental. 2021.

SARAIVA A. M. CUGNASCA, C. E.; HIRAKAWA, A. R. Aplicação em taxa variável de fertilizantes e sementes. In: BORÉM, A. *et al.*, **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000.

SEMAS. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Lei Estadual No. 6462 de 04 de julho de 2002**. Dispõe sobre a Política Estadual de Florestas e demais Formas de Vegetação e dá outras providências. Disponível em <<https://www.semas.pa.gov.br/2002/07/04/9762/>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

SILVA, L., LIMA, L., SOUZA, L., PEREIRA, B., & VIANA, R. **Conjuntura do mercado da pimenta-do-reino no Pará**. In II Congresso Internacional das Ciências Agrárias. 2017. Disponível em <https://encurtador.com.br/jyAP8>. Acesso em fev. 2023.

SILVA, S.O.; NETO, A.P.D.; SILVA, M.B. Pimenta-do-reino: importância da defesa fitossanitária para a sustentabilidade da atividade na região norte do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 1, n. 1, p. 88-92, 2011.

SNA. Sociedade Nacional de Agricultura (2023). **Brasil é o 2º maior produtor e exportador de pimenta-do-reino no mundo**. Jul de 2023. Disponível <https://www.sna.agr.br/brasil-e-o-2o-maior-produtor-e-exportador-de-pimenta-do-reino-no-mundo/>. Acesso em nov 2023.

SOLON, Yuri. Fotos: formas de comercialização da pimenta-do-reino. 2023.

SOUSA, A. S.; SOUSA, J. R. A. Balanço hídrico no Estado do Pará. **Pará Rural: o veículo do agronegócio paraense**. Belém, v. 2, n. 3, 2011.

SOUZA, R. O. R. M. *et al.*, Avaliação econômica da irrigação em pomares de açaí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. V.7, nº. 1, p. 54 - 65, 2013.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odesa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

STANDAGE, Tom. **Uma história comestível da humanidade**. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Ed. Jorge Zahar Ed., 2010.

STUMPF, Kleber. **Mercado de câmbio: o que é, quais os tipos e como operar?** Atualizado em 20/04/2023. Disponível em <https://www.topinvest.com.br/mercado-de-cambio/>. Acesso em nov. de 2023.

TABLEAU. **Tableau Public**. Disponível em <https://www.tableau.com/pt-br/community/public>. Acesso em maio de 2023.

THANKARNANI, C.K.; ASHOKAN, B.C.K.; MARIKUNNU, P.O. Water stress induced changes in enzyme activities and lipid peroxidation in black pepper (*Piper nigrum* L.). **Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences**, v. 25, p. 646–50, 2003.

TROPOC. Produtos Tropicais de Castanhal Ltda. **Informações e formas de comercialização da pimenta-do-reino**. Disponível em <https://tropoc.com.br/peppers/>. Acesso em nov. de 2023.

UNICEF. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em maio de 2023.

VILAS BOAS, R.C. *et al.*, Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e Agrotecnologia** 35: p. 781-788. 2011.

## CAPÍTULO 1 – CULTIVO IRRIGADO DE PIMENTEIRA-DO-REINO: EFEITOS DE ADUBAÇÃO E TUTORES NO ESTABELECIMENTO DE DIFERENTES GENÓTIPOS

### RESUMO

A pimenteira-do-reino é cultivada principalmente em países de climas tropicais e subtropicais, encontrando no Estado do Pará condições ideais. O uso de tutor vivo no sistema de produção da pimenta-do-reino é uma alternativa que contribui para a produção sustentável dessa cultura e um produto com mais qualidade. Para seu cultivo, é fundamental a escolha de uma área adequada e disponibilizar quantidades de nutrientes suficientes para um bom desenvolvimento e obtenção de produtividade satisfatória. A pimenteira-do-reino é extremamente exigente por nutrientes, sobretudo por N (nitrogênio), K (potássio) e P (fósforo). A densidade do produto é uma análise fundamental para precificar a pimenta e classificá-la para exportação, pois no Brasil, são utilizados os seguintes limites de densidade: BB2 (Brasil B2) – 500g/l; BB1 (Brasil B1) – 550g/l; Brazil ASTA (B-ASTA) – 580g/l. A fim de estabelecer as práticas agrícolas necessárias para o sistema, foram realizadas as seguintes avaliações: (i) as interações da adubação (NPK) nos genótipos de pimenteiros-do-reino cultivados no tutor vivo de gliricídia e estacão; (ii) Qualidade da pimenta-do-reino seca a partir da interação entre genótipos e tutores analisando a densidade, extrato etéreo e piperina; (iii) o ciclo de maturação dos frutos de pimenta-do-reino a partir da sincronia de produção entre os genótipos entre os tipos de tutores. No estabelecimento da cultura, referenda-se os níveis de adubação mínimos (60g de Uréia, 40g de  $P_2O_5$  e 70g de  $K_2O$  por planta), que equivalem à recomendação de adubação proposta para a região e registrada na literatura. Com relação a qualidade (densidade, extrato etéreo, piperina) da pimenta-do-reino produzida, a tendência é de incremento, pois melhora ou tem efeito positivo na qualidade, quando utilizado o tutor de *Gliricidia sepium* L.

Palavras-chave: Nutrição; qualidade; sustentabilidade; tutor vivo.

## ABSTRACT

The black pepper tree is cultivated mainly in countries with tropical and subtropical climates, finding ideal conditions in the state of Pará. The use of live stalks in the black pepper production system is an alternative that contributes to the sustainable production of this crop and a higher quality product. For its cultivation, it is essential to choose a suitable area and provide sufficient quantities of nutrients for good development and obtaining satisfactory productivity. The black pepper tree is extremely demanding on nutrients, especially N (nitrogen), K (potassium) and P (phosphorus). Product density is a fundamental analysis for pricing pepper and classifying it for export, as in Brazil, the following density thresholds are used: BB2 (Brazil B2) – 500g/l; BB1 (Brazil B1) – 550g/l; Brazil ASTA (B-ASTA) – 580g/l. In order to establish the agricultural practices necessary for the system, the following evaluations were carried out: (i) fertilizer interactions (NPK) in the black pepper genotypes cultivated in the gliricidia and estacão live tutor; (ii) Quality of dried black pepper based on the interaction between genotypes and tutors analyzing density, ether extract and piperine; (iii) the maturation cycle of black pepper fruits based on the production synchrony between genotypes and types of tutors. When establishing the crop, the minimum fertilization levels must be adhered to (60g of Urea, 40g of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 70g of K<sub>2</sub>O per plant), which are equivalent to the fertilization recommendation proposed for the region and recorded in the literature. Regarding the quality (density, ether extract, piperine) of the black pepper produced, the tendency is towards an increase, as it improves or has a positive effect on the quality, when the *Gliricidia sepium* tutor is used.

Keywords: Fertilization; Quality; Sustainability; Live Tutor.

## 2.1 Introdução

A pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) é uma importante cultura e historicamente expressiva no agronegócio paraense, cultivada principalmente por agricultores familiares, capaz de proporcionar melhorias econômicas e sociais ao homem do campo. O Estado do Pará, é o segundo em termos de produtividade nesta cultura, superado nos últimos anos pelo Espírito Santo em decorrência da redução da longevidade das plantas no campo em função da fusariose e da ocorrência de doenças viróticas que afetam o cultivo. Outros fatores que contribuem para a queda da produção dos pimentais no Pará, em comparação ao Estado do Espírito Santo, são a baixa adoção de tecnologias no sistema de produção e redução nos últimos anos de financiamento agrícola (Albuquerque *et al.*, 1971; IBGE, 2019; Rodrigues *et al.*, 2019).

É uma planta trepadeira, autógama, que se adaptou ao cultivo comercial muito bem na região em decorrência das condições edafoclimáticas favoráveis, semelhantes à Índia, centro de origem da espécie (Albuquerque *et al.*, 1971; Lemos *et al.*, 2014). A estreita base genética e a forma de propagação vegetativa, a partir de estacas com dois a três nós, contribuíram como fator de disseminação de doenças e, conseqüentemente, com a redução do ciclo produtivo da cultura para em média de cinco a seis anos, com maior custo de produção (Poltronieri *et al.*, 2020; Lemos *et al.*, 2014).

A expansão da cultura na região norte é dependente do uso de estação de madeira, no entanto, a escassez, legislação ambiental sobre corte de árvores e custo são fatores limitantes. Tais aspectos elevam os custos de implantação de novos pimentais por utilizar o cultivo intensivo empregam estações de madeira de lei para o cultivo a pleno sol (Waard, 1986; Ishizuka *et al.*, 2004; Menezes *et al.*, 2013). No mais, políticas governamentais e internacionais vêm dificultando a comercialização de produtos agrícolas produzidos de forma não sustentáveis, induzindo a busca por soluções que resultem em maiores benefícios ambientais (Kato *et al.*, 1997; Ishizuka *et al.*, 2004; Menezes *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2019).

Em se tratando do sistema de produção do cultivo da pimenteira-do-reino, a Embrapa Amazônia Oriental tem se empenhado no sentido de promover pesquisas relacionadas ao uso da gliricídia como tutor vivo na produção de pimenta-do-reino no Estado do Pará, a exemplo de experimentos relativos ao manejo adequado das

plantas de gliricídia, o uso de cultivares mais adaptadas e mais produtivas para esse tipo de tutor, dentre outros aspectos. Esta técnica, contribui para as boas práticas de cultivo desta espécie na região uma vez que se constitui alternativa viável frente às dificuldades de aquisição das estacas convencionais (estacões de madeiras-de-lei) (Menezes, *et al.*, 2013).

Portanto, em virtude do uso predatório e o esgotamento das reservas das madeiras nobres da Amazônia (maçaranduba, acapu, jarana, entre outros), além de reduzir drasticamente os altos custos iniciais de implantação de pimentais, potencializado as condições de plantio de pimenta-do-reino e garantindo a maior conservação do meio ambiente (Moraes, *et al.*, 2020).

Alternativamente ao sistema de produção tradicional de pimenteira-do-reino com estação de madeira (tutor morto), o sistema semi-intensivo utiliza tutores vivos nos quais as podas para adequação do manejo possibilitam o uso da biomassa como cobertura morta e como adubações equilibradas, diminuindo custos de produção quando comparado ao tutor morto, além de ser considerado um sistema bem adequado a agricultores familiares, podendo reduzir em 28% o custo de implantação de um pimental (Kato *et al.*, 1997; Souza, 2018).

No caso do uso de gliricídia (*Gliricidia sepium* L.) como tutor vivo da pimenteira-do-reino, tem-se observado o aumento da longevidade das plantas, o incremento de nitrogênio no solo por meio da fixação do nitrogênio do ar, o favorecimento de um microclima favorável ao cultivo da pimenteira e à execução das atividades agrícolas pelos agricultores, além da redução dos impactos ambientais comparado à adoção do estação no sistema de produção tradicional (Ishizuka *et al.*, 2004; Menezes *et al.*, 2013; Moraes *et al.*, 2018).

A *Gliricidia sepium* L. é uma espécie de grande interesse comercial e econômico, para regiões tropicais, pelas suas características de uso múltiplo como em adubação verde, lenha, em consórcios agroflorestais, forragem para bovinos, ovinos e caprinos, cerca viva para pasto dentre outros, sendo cultivada em diversos países tropicais (Duque, 1983; Andrade *et al.*, 2017; Yadav *et al.*, 2020).

Informações sobre o comportamento de cultivares de pimenteira-do-reino, principalmente em tutor vivo de gliricídia, são raras, tornando-se necessário avaliar o desempenho desses materiais genéticos sob os aspectos morfológicos de crescimento e produção visando compartilhamento dessas informações com

produtores sobre o uso do tipo de tutor e a escolha dos principais clones/cultivares que devem ser usados no campo de acordo com a região avaliada.

Pesquisas realizadas pela Embrapa (2020) têm identificado a necessidade de ajustes nesse sistema de produção, por meio da avaliação do manejo adequado das plantas de gliricídia como tutor da pimenteira-do-reino, pelo uso de cultivares mais adaptadas e produtivas a esse tipo de tutor, além da implantação de sistema de irrigação em áreas com déficit hídrico, principalmente no primeiro ano de cultivo.

Diante das questões abordadas mais detalhadamente e no intuito de investigar tais premissas, temos como objetivo deste trabalho, estabelecer e identificar as condições adequadas de irrigação e adubação em que o cultivo da pimenteira-do-reino em tutor vivo e tutor morto, tenha as exigências hídricas e nutricionais atendidas para produção com viabilidade econômica da cultura no Nordeste Paraense.

## **2.2 Material e métodos**

### **2.2.1 Localização das Unidades Experimentais**

O trabalho experimental foi conduzido em condições de campo no Município de Castanhal, em área total de aproximadamente dois hectares, localizada na empresa TROPOC (Produtos Tropicais de Castanhal Ltda.), situada à estrada Rodovia BR 316, s/n, Km 74,6, na Zona Rural do município já mencionado, a 40 metros de altitude, considerando as condições climáticas da região (CIDADE-BRASIL, 2022), a 01° 15' 50" S e 47° 55' 20" W.

### **2.2.2 Características Edafoclimáticas**

O clima da região, segundo Köppen é do tipo Af, com precipitação média anual de 2.432 mm e temperatura média anual de 26,5°C (Alvares *et al.*, 2013). O solo do local experimental é um Latossolo Amarelo Distrófico (dos SANTOS *et al.*, 2018).

A coleta de solo para análise de fertilidade foi realizada de acordo com Oliveira *et al.* (2015), sendo orientado que, antes de se implantar um novo cultivo ou realizar adubações, é necessário conhecer as condições do solo por meio da análise de fertilidade, o que subsidiará o profissional na recomendação de corretivos, fertilizantes

e preparo prévio do solo ao plantio. Para adequada realização da correção e adubação do solo, foram coletadas, no dia 11 de julho de 2018, amostras nas profundidades de 0 a 20 cm, e 20 cm a 40 cm, neste caso, amostra composta, que segundo Oliveira *et al.* (2015) é a mistura homogênea constituída por várias amostras simples coletadas na área. Essa amostra, posteriormente foi enviada ao laboratório de solos da Embrapa Amazônia Oriental, para a determinação das características químicas e físicas (Tabela 1).

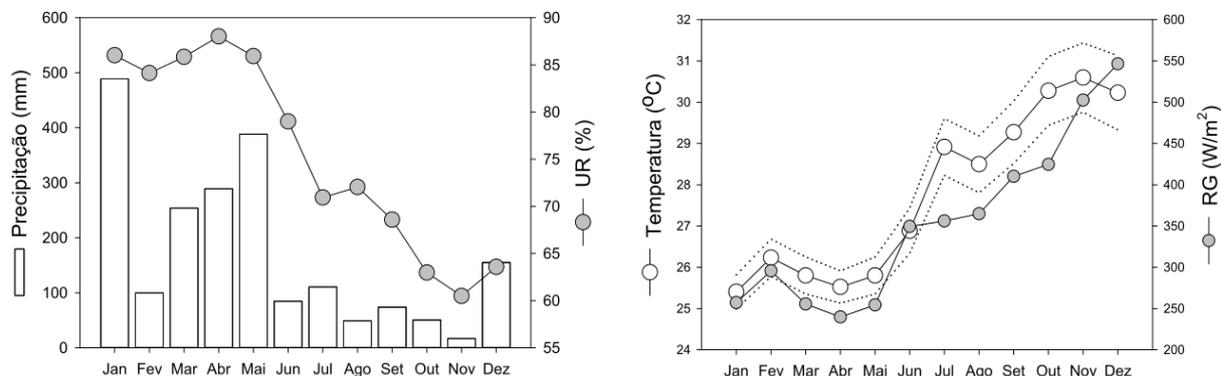
Tabela 1 - Resultados da análise química e granulométrica do solo da área experimental localizada em Castanhal-PA.

Classe	Variável	Unidade	Profundidade	
			0-20cm	20-40cm
Química	MO	g kg <sup>-3</sup>	7,44	2,07
	N	%	0,06	0,03
	P	mg dm <sup>-3</sup>	9	12
	K	mg dm <sup>-3</sup>	12	6
	Na	mg dm <sup>-3</sup>	3	2
	AL	cmolc dm <sup>-3</sup>	1,24	0,97
	Ca	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,38	0,27
	Ca+Mg	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,68	0,47
	pH		4,16	4,39
	H + Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	6,06	5,12
CTC	Total	cmolc dm <sup>-3</sup>	6,79	5,62
	Efetiva	cmolc dm <sup>-3</sup>	1,97	1,46
Saturação	Base	V%	10,69	8,76
	Al	m%	63,09	66,34
Granulometria	Areia grossa	g kg <sup>-3</sup>	291	166
	Areia fina	g kg <sup>-3</sup>	442	539
	Silte	g kg <sup>-3</sup>	127	135
	Argila	g kg <sup>-3</sup>	140	160

Fonte: Laboratório de Solos, EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém-PA (2022).

Durante o período de estudo, entre janeiro e dezembro de 2022, as médias mensais de precipitação, temperatura do ar (T °C) e umidade relativa (UR) (Figura 7) foram obtidos de uma estação climática localizada na estação meteorológica do município de Castanhal, a cerca de 14 km de distância da área experimental.

Figura 7 - Médias mensais de precipitação (PREC), temperatura (Tar), radiação global (RG) e umidade relativa (UR) do ano de 2022.



Fonte: SANTOS (2022), elaborado/adaptado pelo autor (2023).

De acordo com Santos (2023), que realizou estudos nesta mesma área experimental, o resultado do balanço hídrico do município de Castanhal durante o período de 2003 a 2022, pelo método de Thornthwaite e Mather (1955), usando dados climatológicos da estação automática A202 do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, o período de maior excedente hídrico, estende-se entre fevereiro a maio, com máxima nos meses de março (186 mm) e abril (190 mm).

### 2.2.3 Delineamento experimental, instalação e condução do experimento

#### 2.2.3.1 Área experimental de cultivo de pimenteira-do-reino

O modelo conceitual do experimento contempla os efeitos (a) cultivares/clones, (b) adubação e (c) tipo de tutor, sendo implementado em um delineamento em blocos ao acaso sob estrutura fatorial.

Quanto ao efeito de (a) cultivares/clones este foi constituído de seis cultivares, com três repetições e cada repetição constituída de três fileiras duplas (blocos) espaçadas de 2,20 x 2,20 m entre plantas e 4,00 m entre fileiras, totalizando 288 unidades amostrais por clone/cultivar, utilizando tutores para suporte de crescimento/desenvolvimento, de dois tipos: Esse experimento considerou o uso do Tutor vivo de *Gliricidia sepium* e estação de madeira de lei (tutor morto) no estudo comparativo entre as cultivares de pimenteira-do-reino.

Com relação a (b) adubação, as parcelas foram divididas para as doses de N, P e K, e nas subparcelas, com 3 repetições por combinação de tratamento, onde cada repetição foi formada na fileira dupla de plantio contendo 4 plantas, perfazendo um

total de 16 plantas por clone/cultivar e um total de 96 por leira, totalizando 1.728 plantas úteis no experimento.

Um contraste constituído da mesma estrutura de (a) cultivares/clones e (b) adubação foi implementado buscando avaliar o efeito do (c) tipo de tutor, constando de tutor vivo (*Gliricidia sepium*) e tutor morto (estacão de madeira) foi estabelecido.

Com vistas a assegurar a produção da pimenta-do-reino um sistema de irrigação de gotejamento sob demanda foi implementado. Para os tratamentos da irrigação, o sistema foi instalado da seguinte forma: fileiras duplas de plantio com uma linha de irrigação; e fileiras duplas de plantio com duas linhas de irrigação, em cada um dos blocos.

Uma síntese dos níveis dos fatores avaliados é apresentada em seguida:

(a) cultivares/clones	1. cv. Embrapa/Clonada; 2. Equador; 3. Bragantina; 4. Iaçará; 5. Guajarina; 6. Uthirankotta.
(b) adubação	Nitrogênio (0, 50, 100 e 150 g ureia/planta); Fósforo (50, 100, 200 e 300 g superfosfato triplo/planta); Potássio (0, 50, 100 e 150 g de cloreto de potássio/planta).
(c) tipos de tutor	Tutor morto (estacão de madeira), tutor vivo ( <i>Gliricidia sepium</i> ).
(d) irrigação	Combinações entre: (i) tutores: Estacão (EST) e <i>Gliricidia sepium</i> (GLI); e (ii) linhas de irrigação: uma linha (1L), duas linhas (2L), totalizando 4 combinações entre os 2 fatores.

### 2.2.3.2 Preparo do solo, adubação de plantio e tratos culturais

Em setembro de 2019, iniciou-se o preparo da área experimental com derruba da capoeira ou mata secundária, limpeza sem uso do fogo (arrasto mecanizado e coivara), aração, gradagem e nivelamento. Para correção do solo, aplicou-se 3,7 ton ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 90%) para elevar a saturação por bases para 60% aplicado ao solo (Pereira *et al.*, 2002; Franzini, *et al.*, 2014; Rodrigues *et al.*, 2019).

Trinta dias após a calagem da área foram levantadas 22 leiras de 40cm de altura, com 4,5m de largura e 110m de comprimento, espaçadas em 4,00m entre si. Os estacões (tutor morto) foram padronizados com tamanhos de 3,00m, introduzidos no solo à profundidade de 0,50m.

A obtenção e condução das estacas de gliricídias foram realizadas conforme recomendação de Ishizuka *et al.* (2004). As gliricídias com diâmetro mínimo de 5 cm, foram plantadas em covas de 15 x 15 x 60cm, que receberam 100g de superfosfato simples (Ishizuka *et al.*, 2004). Nas primeiras 11 leiras, foram plantadas 2 linhas de tutor vivo e nas outras 11 leiras, fixadas as estações, em arranjo quadrado de 2,20m.

Em janeiro de 2020, as mudas de pimenteiras-do-reino, dos clones/cultivares (1) cv. Embrapa/Clonada, (2) Equador, (3) bragantina, (4) laçarã, (5) Guajarina e (6) Uthirankotta, foram plantadas com dois meses de idade a 15cm de distância dos tutores vivos e 5cm dos tutores mortos, em covas de 40 x 40 x 40cm (largura, comprimento e profundidade) previamente preenchidas com mistura de solo, 5 L de cama de frango, 30g de micronutrientes (FTE BR-12) e 50g de superfosfato triplo (45% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Os tratamentos consistiram na aplicação de diferentes doses de N, P e K, no total de quatro doses de cada nutriente: Nitrogênio (0, 50, 100 e 150 g ureia/planta); Fósforo (50, 100, 200 e 300 g superfosfato triplo/planta); Potássio (0, 50, 100 e 150 g de cloreto de potássio/planta). A quantidade total para cada dose foi fracionada em 3 partes iguais e cada parte foi aplicada manualmente ao redor das plantas de pimenteira-do-reino após 20 dias do plantio das mudas e repetida com 45 dias após a primeira e com 45 dias após a segunda adubação, de acordo com as recomendações da Embrapa a partir do resultado da análise de solo, suplementadas com duas aplicações do complexo 151 usando 0,1% (1,0 g.l<sup>-1</sup>) aplicadas antes e após a colheita como adubação foliar, para evitar outras deficiências nutricionais (Franzini, *et al.*, 2014).

Todas as plantas de pimenteira-do-reino foram adubadas da seguinte forma na variação das dosagens de N, P e K:

#### PRIMEIRO ANO:

- Variação de N: fixa de P: 20 g e K: 20 g
- Variação de P: fixa de N: 25 g e K: 20 g
- Variação de K: fixa de N: 25 g e P: 20 g

## SEGUNDO ANO:

- Variação de N: fixa de P: 40 g e K: 70 g
- Variação de P: fixa de N: 60 g e K: 70 g
- Variação de K: fixa de N: 60 g e P: 40 g

Os tratos culturais foram realizados para acompanhar o surgimento de pragas e doenças, e para refazer o amarrio das pimenteiras-do-reino aos tutores durante o crescimento das pimenteiras e dos tutores de gliricídia. Também, foram retiradas as espigas, no primeiro ano de cultivo, e os ramos ladrões para melhor uniformização e condução das plantas visando melhor performance e produção das plantas no segundo ano de cultivo.

As gliricídias foram manejadas conforme orientação de Ishizuka *et al.* (2004), retirando-se as brotações laterais e os ramos após 4 meses do plantio e permitindo o desenvolvimento de 2 a 4 ramos no topo da estaca de gliricídia de forma equilibrada. A partir do 2º ano, realizou-se de 3 a 4 podas, uma no início das chuvas e as demais à medida que os brotos eram emitidos, com a última poda culminando com o final do período de chuva, mantendo as gliricídias com 2 a 4 ramos, visando à obtenção de novas mudas de gliricídia a partir do próprio tutor de gliricídia usado no cultivo da pimenteira. Toda a biomassa oriunda das podas foi depositada no solo e usada principalmente para cobertura e incorporação de nutrientes no solo, com destaque para o nitrogênio. A avaliação comparativa do comportamento das cultivares foi feito a partir do 2º e 3º ano de cultivo (2021 e 2022 respectivamente) quando inicia a estabilização do desempenho das cultivares nos tutores.

A seguir, podemos observar a distribuição das cultivares e o desenho experimental, de acordo com o croqui na Figura 8.



A produção de frutos de pimenta-do-reino foi determinada aos 19 meses após o plantio, em agosto de 2021. Para isso, as espigas maduras foram colhidas manualmente e pesadas para determinar o peso após a colheita com base na matéria fresca, em kg de espigas com frutos maduros planta<sup>-1</sup>. Após a debulha, os frutos maduros foram secos em estufa por 72 horas entre 45°C a 60°C, e o rendimento com base na matéria seca foi determinado (ou seja, kg de frutos secos planta<sup>-1</sup>).

#### 2.2.4. Qualidade da pimenta-do-reino produzida

Paracampo *et al.* (2022) afirmam que os vegetais contêm numerosos compostos orgânicos divididos em: metabólitos primários, produzidos em processos metabólicos que desempenham funções essenciais às plantas como a fotossíntese; e metabólitos secundários, produzidos a partir de produtos do metabolismo primário e que não são considerados essenciais ao desenvolvimento da planta, porém desempenham importante função no mecanismo de defesa.

A produção desses metabólitos, em especial os secundários, sofre influência genética, bem como de mudanças no equilíbrio de um ecossistema, tais como sazonalidade, ataque de pragas e doenças, entre outros. Assim, ocorre a ativação de rotas bioquímicas que alteram o metabolismo da planta para adaptarem-se (Luz *et al.*, 2017; Erb e Kliebenstein, 2020).

De acordo com a Norma Técnica para a produção integrada de pimenta-do-reino, é obrigatória a utilização de cultivares ou clones adaptados às características edafoclimáticas da propriedade ou região (MAPA, 2021). Em vista disso e diante da importância da pipericultura à economia brasileira como um produto de elevado consumo mundial, cresce a relevância de programa de melhoramento da pimenteira-do-reino com ênfase na qualidade do produto e na produção de safras com bons parâmetros físico-químicos de qualidade, determinados com base em padrões específicos para pimenta-do-reino, e principalmente no teor de piperina (Paracampo *et al.*, 2022), composto bioativo majoritário da pimenta-do-reino e identificado como

um dos principais alcalóides<sup>3</sup> responsáveis pela pungência<sup>4</sup> (Ravindran e Kallapurackal, 2012; Iqbal *et al.*, 2016).

### 2.2.5 Modelo estatístico

A coleta de dados do experimento compreendeu ao período de janeiro de 2021 a dezembro de 2022. Ao longo do experimento houve avaliações, a cada 2 (dois) meses, das variáveis biométricas e nutricionais. Também foram coletados dados de crescimento e de produção por planta e avaliadas as características físicas dos frutos, rendimento (pimenta seca/pimenta verde) e densidade (grama/litro).

As funções de produção, os indicadores de desenvolvimento das plantas, bem como os nutricionais avaliados por meio do modelo linear geral (GLM), sendo adotado um modelo de medidas repetidas no tempo (repeated measures ANOVA). O modelo de análise {1} considera os efeitos de ( $\alpha$ ) cultivares, ( $\beta$ ) tipo de sistema de tutor e ( $\gamma$ ) adubação, bem como as suas respectivas interações, ao longo do tempo ( $\tau$ ).

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \tau^*_l + \varepsilon_{ijklm} \quad \{1\}$$

$\mu$  – constante associada a todas as observações, tomada como a média geral do ensaio;  $\alpha_i$  – efeito das cultivares;  $\beta_j$  – efeito do tipo de sistema de tutor;  $\gamma_k$  – efeito da adubação;  $\tau^*_l$  – efeito do tempo e suas interações;  $\varepsilon_{ijklm}$  – erro.

A análise dos dados foi conduzida com auxílio da linguagem software R. Sendo o modelo verificado por meio de ANOVA e testado via F, e submetidos à análise de variância, considerando blocos ao acaso, aplicando-se o software SISVAR (Ferreira *et al.*, 2019). Contrastes entre os diferentes níveis e categorias dos efeitos, bem como suas interações, foram efetuados por meio de comparações múltiplas. O nível de significância adotado, tanto para os testes, quando para o contraste foi de 5% ( $\alpha=0,05$ ).

Para realização da análise econômica simplificada da atividade produtiva, foi adotado o preço ou receita média, que comparado com o custo total médio (CTMe)

<sup>3</sup>Os alcalóides são substâncias extraídas principalmente de plantas, mas que também podem estar presentes em alguns fungos e animais. Possuem caráter básico e pertencem ao grupo de compostos nitrogenados orgânicos (Korolkovas; Burckhalter, 1988).

<sup>4</sup>A pungência é uma característica de qualidade para pimentas frescas e para produtos processados, sendo o conteúdo de capsaicina um dos requisitos principais para determinar a qualidade comercial dos frutos de pimenta. Tem a importância de ser o princípio ativo que representa as propriedades organolépticas e farmacêuticas, e confere a sensação de ardor às pimentas (Nwokem *et al.*, 2010).

possibilitou a conclusão com relação à viabilidade econômica da atividade (Pereira, 2015; Reis, 2007). Na análise do custo de produção foram consideradas os custos fixos e variáveis da atividade adotado por Souza *et al.*, (2013).

Ainda sobre as análises de viabilidade econômica, do banco de dados da TROPC, empresa parceira, no qual possui cadastrados e georreferenciados mais de 600 produtores, o banco de dados da Emater-Pa, Adepará e SEDAP, que somam aproximadamente 1.200 produtores espalhados pelo Estado do Pará. Isso possibilitará junto aos produtores a identificação dos perfis econômicos-sociais, assim como a análise comparativa entre o sistema recomendado pela pesquisa agropecuária e os sistemas adotados pela maior parte dos produtores.

## **2.3 Resultados e discussão**

### **2.3.1 Comportamento dos genótipos de pimenteiros-do-reino sob a influência da adubação e tipos de tutores**

#### **2.3.1.1 Interação de N (nitrogênio) x Genótipos (cultivares) x Tutores**

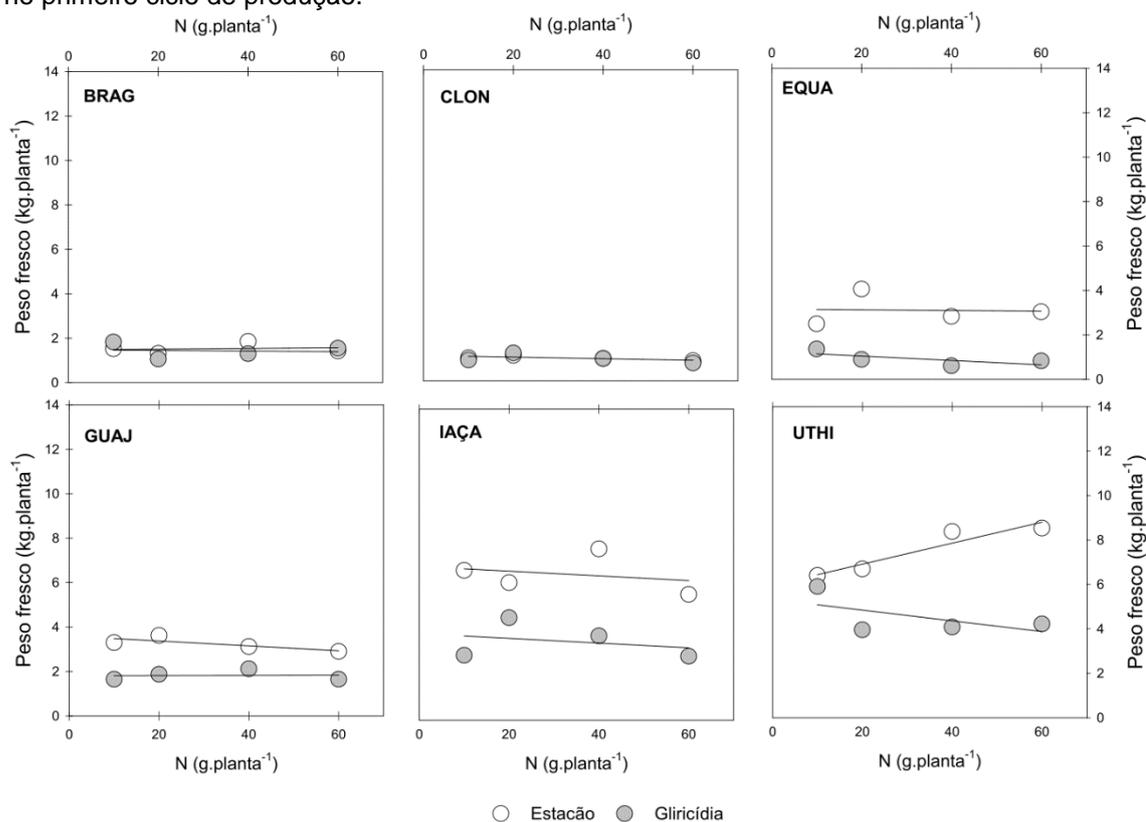
Avaliando-se os efeitos de N no modelo (Tabela 2), tem-se que, de modo geral, os maiores valores obtidos, no primeiro ciclo de produção, foram observados nos genótipos: uthirankotta (UTHI EST) 2,91 kg planta<sup>-1</sup>; iaçará (IAÇA EST) 2,17 kg planta<sup>-1</sup>; equador (EQUA EST) 1,16 kg planta<sup>-1</sup>; e guajarina (GUAJ EST) 1,0 kg planta<sup>-1</sup>. Já os genótipos com maiores valores de produção em tutor vivo de gliricídia, foram: uthirankotta (UTHI GLI) 1,61 kg planta<sup>-1</sup> e iaçará (IAÇA GLI) 1,29 kg planta<sup>-1</sup> (Figura 9 e Figura 10).

Tabela 2 - Análise de variância e teste F do modelo adotado, considerando os efeitos genótipo, tutor e doses de nitrogênio sobre a produção de pimenta-do-reino no 1º ciclo de produção.

	g.l.	Peso fresco			Peso seco		
		SQ	QM	F	SQ	QM	F
Bloco	2	18,244	9,122		2,173	1,086	
Genótipos	5	249,726	49,945	14,526 **	34,798	6,960	17,306 **
Tutor	1	7,061	47,061	13,687 **	7,962	7,962	19,799 **
N	3	0,766	0,255	0,074 n.s.	0,050	0,017	0,041 n.s.
Genótipos*Tutor	5	27,018	5,404	1,572 n.s.	3,747	0,749	1,864 n.s.
Genótipos*N	5	249,726	49,945	14,526 **	34,798	6,960	17,306 **
Tutor*N	3	1,732	0,577	0,168 n.s.	0,282	0,094	0,234 n.s.
Genótipos*Tutor*N	5	27,018	5,404	1,572 n.s.	3,747	0,749	1,864 n.s.
Erro	258	887,077	1,572		103,755	0,402	
Total	287	1.508,367			191,312		

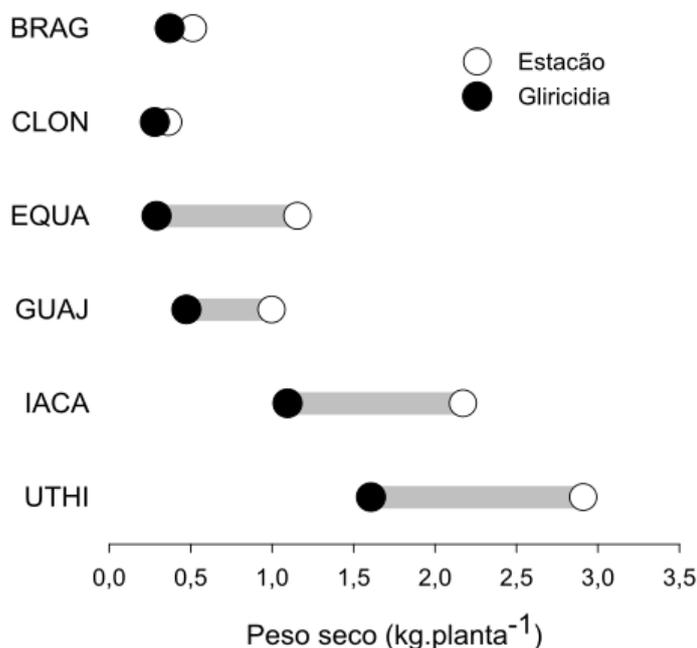
n.s. – não significativo ( $p \geq 0,05$ ); \* - significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* - altamente significativo ( $p < 0,01$ )  
 Fonte: O autor (2023).

Figura 9 - Produção média de frutos secos ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) em função dos genótipos, tutores e doses de N, no primeiro ciclo de produção.



Fonte: O autor (2023).

Figura 10 - Valores médios de produção de frutos secos (kg planta<sup>-1</sup>) em função dos genótipos, tutores (ensaio N, primeiro ciclo).



Fonte: O autor (2023).

Portanto, a produção média de pimenta seca pode ser considerada muito satisfatória para o primeiro ciclo, quando comparado a outros estudos como o de Oliveira *et al.* (2007) em pesquisas realizadas no Estado da Paraíba com doses de esterco bovino e diferentes genótipos de pimenteira-do-reino, nos quais se obteve as seguintes produtividades máximas de pimenta seca por cultivar: bragantina (358 g planta<sup>-1</sup>), laçará (793 g planta<sup>-1</sup>) e Cingapura (204 g planta<sup>-1</sup>).

De acordo com Veloso *et al.* (1999) ao avaliar a extração de nutrientes pela pimenteira-do-reino, verificou-se que a quantidade total existente na planta seguiu a seguinte ordem: N > Ca > K > Mg > P. Quanto as quantidades de N, P, K, Ca e Mg exportadas pelos frutos, em kg.ha<sup>-1</sup> na colheita foram: 11,22 de N; 6,15 de K, 3,84 de Ca, 1,18 de Mg e 1,07 de P; indicando, assim, que nos solos do Estado do Pará, a cultura é exigente, sobretudo, em N, K e Ca.

A *Gliricidia sepium* L. é uma planta leguminosa capaz de realizar fixação biológica de nitrogênio (FBN). No entanto, fertilização nitrogenada em quantidades superiores a 30 kg N ha<sup>-1</sup>, o equivalente a 12 g N planta<sup>-1</sup>, pode retardar ou inibir o processo de nodulação em leguminosas (Da Silva *et al.*, 2011).

De acordo com estudos de Dantas *et al.* (2022) ao longo do cultivo, o N disponível na solução do solo proveniente da fertilização nitrogenada tende a diminuir.

Portanto nessa situação, a *Gliricidia sepium* L. tende a nodular e realizar FBN, criando na rizosfera, condições que promovem aumento no reservatório de N inorgânico facilmente mineralizável.

Dantas *et al.* (2022), em estudos realizados na mesma unidade experimental, concluiu que a pimenteira-do-reino respondeu positivamente ao fornecimento de N, sendo recomendáveis doses variando de 25g N planta<sup>-1</sup> a 37g N planta<sup>-1</sup> para possibilitar máximo crescimento vegetativo.

A pimenteira-do-reino, quando cultivada em estação, não compete por nutrientes ou luz com o tutor, diferentemente do que acontece em cultivo com tutor vivo, sobretudo nos primeiros meses após o plantio (Issukindarsyah *et al.*, 2021). Ao longo do primeiro ano de cultivo da pimenteira-do-reino, o efeito do tipo de tutor adotado nos parâmetros de trocas gasosas das plantas tem efeito no crescimento vegetativo da cultura (Dantas *et al.*, 2022).

#### 2.3.1.2 Interação de P (fósforo) x Genótipos (cultivares) x Tutores

Avaliando-se os efeitos de P no modelo (Tabela 3), tem-se que, de modo geral, os maiores valores de produção foram observados nos genótipos: UTHI EST 2,72 kg planta<sup>-1</sup>; IACA EST 2,44 kg planta<sup>-1</sup>; EQUA EST 1,40 kg planta<sup>-1</sup>; e GUAJ EST 1,07 kg planta<sup>-1</sup>. Já os genótipos com maiores valores de produção em tutor vivo de gliricídia, foram: UTHI GLI 1,64 kg planta<sup>-1</sup> e IAÇA GLI 1,29 kg planta<sup>-1</sup> (Figura 11 e Figura 12).

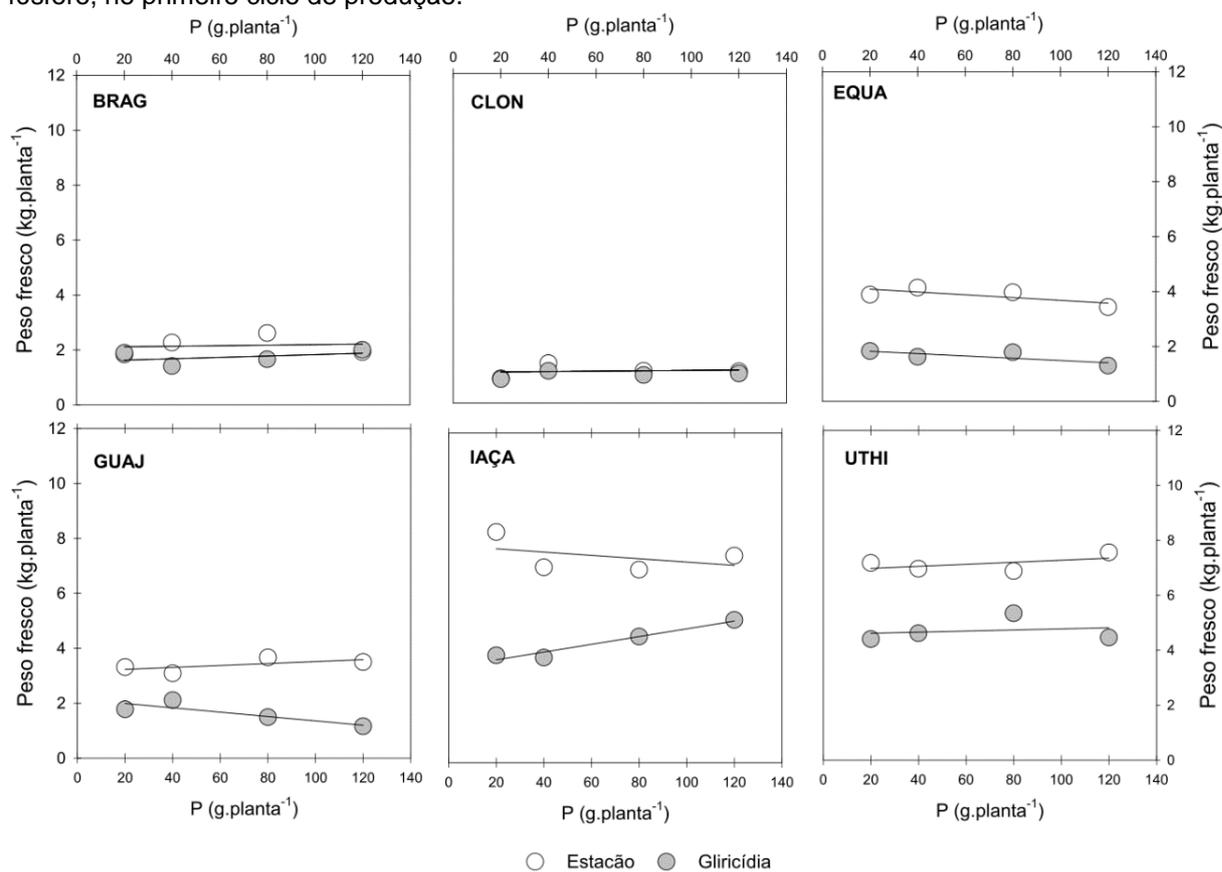
Tabela 3 - Análise de variância e teste F do modelo adotado, considerando os efeitos genótipo, tutor e doses de fósforo sobre a produção de pimenta-do-reino no 1º ciclo de produção.

	g.l.	Peso fresco			Peso seco				
		SQ	QM	F	SQ	QM	F		
Bloco	2	0,845	0,423	0,08	0,108	0,054	0,087		
Genótipos	5	257,220	51,444	9,771	**	33,167	6,633	10,713	**
Tutor	1	51,028	51,028	9,692	**	8,591	8,591	13,874	**
P	3	0,139	0,046	0,009	n.s.	0,003	0,001	0,002	n.s.
Genótipos*Tutor	5	20,947	4,189	0,796	n.s.	2,873	0,575	0,928	n.s.
Genótipos*P	15	2,645	0,176	0,033	n.s.	0,285	0,019	0,031	n.s.
Tutor*P	3	0,128	0,043	0,008	n.s.	0,030	0,010	0,016	n.s.
Genótipos*Tutor*P	15	4,847	0,323	0,061	n.s.	0,501	0,033	0,054	n.s.
Erro	238	1.253,109	5,265			147,368	0,619		
Total	287	1.590,908				192,93			

n.s. – não significativo ( $p \geq 0,05$ ); \* - significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* - altamente significativo ( $p < 0,01$ )

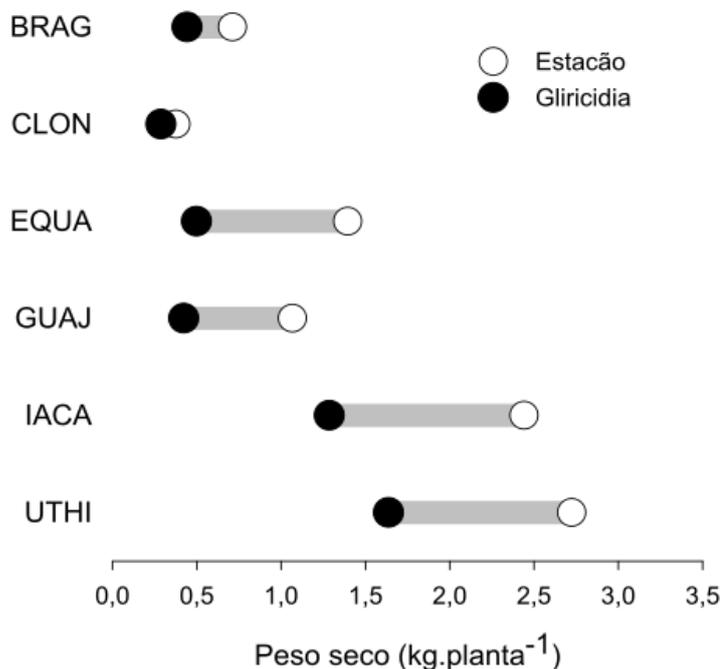
Fonte: O autor (2023).

Figura 11 - Produção média de frutos secos ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) em função dos genótipos, tutores e doses de fósforo, no primeiro ciclo de produção.



Fonte: O autor (2023).

Figura 12 - Valores médios de produção de frutos secos ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) em função dos genótipos, tutores (ensaio P, primeiro ciclo).



Fonte: O autor (2023).

No Estado do Pará, Chiba; Terada (1976) determinaram a absorção de vários nutrientes na cultura da pimenteira-do-reino em condições de campo, concluindo que potássio e o nitrogênio foram os nutrientes mais exigidos, seguido do fósforo.

Outro estudo, com 2 (dois) experimentos de adubação com N, P e K conduzidos por Oliveira & Cruz (2001) e Oliveira *et al.* (2002), em pimentais adultos com elevados teores de fósforo no solo, nos municípios de Tomé-Açu e Castanhal, não houve resposta ao nutriente por dois anos consecutivos.

Neves *et al.* (1981) afirma que a continuidade da adubação nos pimentais tende a aumentar os teores dos nutrientes no solo, principalmente de fósforo, cujo efeito residual tem se mostrado mais prolongado, podendo ser encontrados teores de até 50 (cinquenta) mg de P/dm<sup>3</sup>, na camada de 0 a 20 cm do solo, mesmo em cultivos que deixaram de ser adubados por quatro anos.

Dantas (2022), por sua vez, em estudos realizados na mesma unidade experimental desta pesquisa, não encontrou diferença em produção de pimenta verde entre o cultivo em tutor vivo de gliricídia e estacão, nas doses de 20g e 120g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> planta<sup>-1</sup>. Por outro lado, nas doses de 40g e 80g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> planta<sup>-1</sup>, a pimenteira-do-reino cultivada no estacão, produz em média 43% e 40% respectivamente a mais que em tutor vivo de gliricídia. O aumento do crescimento vegetativo e produção da pimenta-

do-reino em função das doses de P pode ser atribuído ao papel do P no aumento do acúmulo de biomassa nas plantas, aumento da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e maior crescimento das raízes e, conseqüentemente, o aumento da absorção de nutrientes minerais das plantas (Sarg *et al.*, 2007; Emongor *et al.*, 2010).

Segundo Dantas (2022), ao final do 1º ano de cultivo o uso do tutor vivo de *Gliricidia sepium* promove crescimento vegetativo semelhante ao cultivo com tutor morto de madeira de lei com fornecimento de maiores doses de P. A produção de pimenta seca em cultivo no estacão foi superior ao cultivo em tutor vivo de gliricídia em todas as doses de P.

### 2.3.1.3 Interação de K (potássio) x Genótipos (cultivares) x Tutores

Avaliando-se os efeitos de K no modelo (Tabela 4), tem-se que, de modo geral, os maiores valores de produção foram observados nos genótipos: UTHI EST (2,70 kg planta<sup>-1</sup>); IACA EST (2,67 kg planta<sup>-1</sup>); EQUA EST (1,29 kg planta<sup>-1</sup>); e GUAJ EST (1,01 kg planta<sup>-1</sup>). Já os genótipos com maiores valores de produção em tutor vivo de gliricídia foram apenas as a UTHI GLI (1,68 kg planta<sup>-1</sup>) e IAÇA GLI (1,15 kg planta<sup>-1</sup>) (Figura 13 e Figura 14).

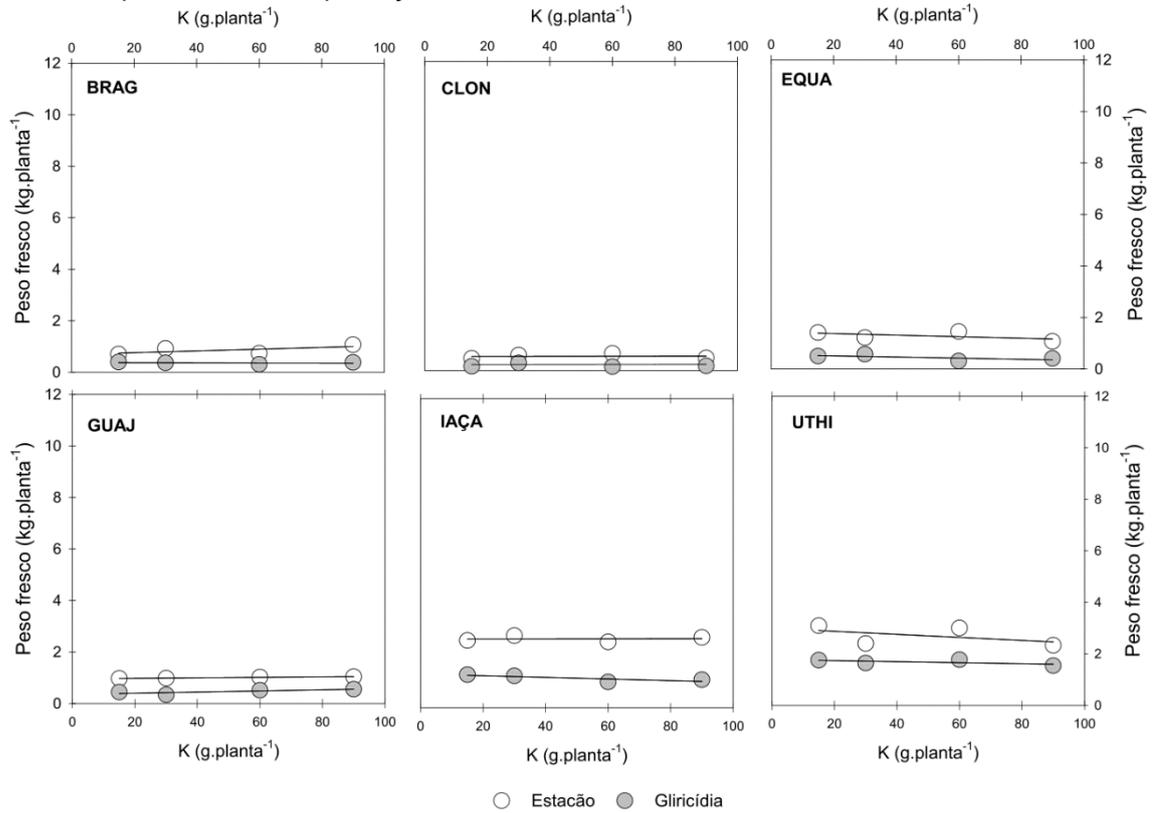
Tabela 4 - Análise de variância e teste F do modelo adotado, considerando os efeitos genótipo, tutor e doses de potássio sobre a produção de pimenta-do-reino no 1º ciclo de produção.

	g.l.	Peso fresco			Peso seco				
		SQ	QM	F	SQ	QM	F		
Bloco	2	8,180	4,090	0,764	1,129	0,565	0,911		
Genótipos	5	272,679	54,536	10,184	**	33,546	6,709	10,829	**
Tutor	1	72,111	72,111	13,465	**	11,437	11,437	18,461	**
K	3	0,058	0,019	0,004	n.s.	0,055	0,018	0,030	n.s.
Genótipos*Tutor	5	27,128	5,426	1,013	n.s.	2,790	0,558	0,901	n.s.
Genótipos*K	15	6,650	0,443	0,083	n.s.	0,814	0,054	0,088	n.s.
Tutor*K	3	0,541	0,180	0,034	n.s.	0,063	0,021	0,034	n.s.
Genótipos*Tutor*K	15	4,124	0,275	0,051	n.s.	0,398	0,027	0,043	n.s.
Erro	238	1274,559	5,355			147,448	0,620		
Total	287	1666,030				197,680			

n.s. – não significativo ( $p \geq 0,05$ ); \* - significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* - altamente significativo ( $p < 0,01$ ).

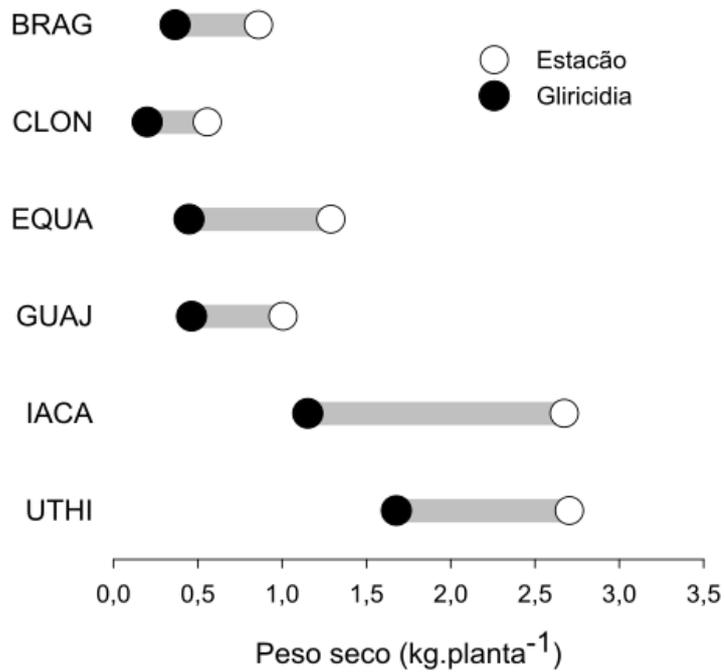
Fonte: O autor (2023).

Figura 13 - Produção média de frutos secos ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) em função dos genótipos, tutores e doses de potássio, no primeiro ciclo de produção.



Fonte: O autor (2023).

Figura 14 - Valores médios de produção de frutos secos ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) em função dos genótipos, tutores (ensaio K, primeiro ciclo).



Fonte: O autor (2023).

O potássio é um nutriente essencial para as plantas e é necessário em grandes quantidades para o adequado crescimento e reprodução das culturas (Karthika *et al.*, 2018). É essencial em quase todas as etapas da síntese de proteínas (Rozov *et al.*, 2019). A pimenteira-do-reino é altamente exigente em macronutrientes, sendo o potássio o 2º macronutriente mais exigido pela cultura (Veloso *et al.*, 2000; Dalazen *et al.*, 2020).

As folhas de *Gliricidia sepium* contêm cerca de 1,8% de K que se decompõem rapidamente, fornecendo K para a cultura cultivada nesse tipo de tutor vivo (Yadav *et al.*, 2020).

Resultado obtidos por Dantas (2022), em estudos realizados na mesma unidade experimental, mostrou que a produção de pimenta-do-reino cultivada em estacão é superior ao cultivado em tutor vivo no 1º ano, quando submetido às doses de 15g, 30g, 60g e 90g K<sub>2</sub>O planta<sup>-1</sup>. O presente estudo infere sobre um possível efeito de competição por recursos no estabelecimento do tutor vivo.

Os parâmetros de crescimento vegetativo possuem alta correlação positiva significativa com a produção de pimenta verde e seca por planta (Thanuja & Rajendran, 2003). Os resultados estão de acordo com pesquisas anteriormente desenvolvidas para pimenta-do-reino em cultivo com tutor morto (Ibrahim *et al.*, 1985; Sujatha, 1991; Satheeshan, 2000).

Veloso *et al.* (2000) e Oliveira *et al.* (2007) afirmam que para maior rendimento de produção de pimenta-do-reino, as plantas exigem maiores doses de nutrientes, como observado nas plantas cultivadas em estacão.

#### 2.3.1.4. Comparativo geral das interações de NPK x Genótipos x Tutores

A produção no primeiro ciclo de pimenta, tanto a produção de pimenta verde, quanto a de pimenta preta seca foram influenciadas fortemente pelo genótipo, tipo de tutor e a interação desses fatores (Tabela 5).

Avaliando-se os componentes de variância, a partir da fração de soma de quadrados (SQ), tem-se uma magnitude de influência dos genótipos oscilando entre 16% e 17% da variação global, enquanto o tipo de tutor apresentou entre 3% e 4% da variação global dos dados. Deste modo, o genótipo influenciou fortemente na produção do primeiro ciclo.

Tabela 6 - Análise de variância do modelo genótipos e tutor sobre a produção de pimenta verde e pimenta preta seca.

FV	g.l.	Pimenta verde			Pimenta preta seca		
		SQ	QM	F	SQ	QM	F
Bloco	2	7,24	3,622		1,00	0,502	
Genótipo	5	771,44	154,288	34,924 **	100,82	20,165	38,61 **
Tutor	1	168,68	168,680	38,182 **	27,81	27,814	53,26 **
Genótipo*Tutor	5	68,88	13,775	3,118 **	8,76	1,751	3,35 **
Erro	850	3755,14	4,418		443,94	0,522	
Total	863	4771,38					

\*\* - altamente significativo ( $p < 0,01$ )

Fonte: O autor (2023).

Contrastando-se as produtividades de pimenta verde e de pimenta preta seca foi possível evidenciar que o tipo de tutor apresentou distinção na maioria dos genótipos, à exceção de CLON e BRAG. Nos outros genótipos, o estacão apresentou valores de produtividade, no 1º ciclo de produção, com valores superiores.

Modo geral, os genótipos UTHI e IAÇA apresentaram as maiores produtividades, para pimenta verde (5,74-5,94 kg planta<sup>-1</sup>) e para pimenta preta, com valores entre 1,80 e 2,20 kg planta<sup>-1</sup>. Sendo que o genótipo CLON apresentou menores produtividades nos dois tipos de pimenta: verde, com 1,09 kg planta<sup>-1</sup>, e pimenta preta seca, com 0,34 kg planta<sup>-1</sup>. Os outros genótipos GUAJ, EQUA e BRAG apresentaram produtividades em um patamar intermediário, seja no caso de pimenta verde, com 1,79 a 2,54 kg planta<sup>-1</sup>, quanto pimenta preta seca (0,54-0,85 kg planta<sup>-1</sup>) (Tabela 7).

Tabela 7 - Produtividade média de pimenta verde e preta seca, em função dos genótipos e tipos de tutor.

GEN	Pimenta verde						Pimenta preta seca					
	EST	GLI	Global	EST	GLI	Global	EST	GLI	Global	EST	GLI	Global
BRAG	2,05	bcA	1,54	bA	1,79	bc	0,70	bcA	0,39	bA	0,54	bc
CLON	1,25	cA	0,92	bA	1,09	c	0,43	cA	0,26	bA	0,34	c
EQUA	3,52	bA	1,36	bB	2,44	bc	1,28	bA	0,41	bB	0,85	b
GUAJ	3,30	bA	1,78	bB	2,54	b	1,02	bcA	0,45	bB	0,74	bc
IAÇA	7,52	aA	3,97	aB	5,74	a	2,43	aA	1,18	aB	1,80	a
UTHI	7,21	aA	4,68	aB	5,94	a	2,78	aA	1,64	aB	2,21	a
Geral	4,14	A	2,37	B	3,26		1,44	A	0,72	B	1,08	

Letras minúsculas, na vertical – efeito de genótipo; letras maiúsculas, na horizontal – efeito de tipo de tutor. Valores precedidos de mesmas letras maiúsculas ou minúscula não diferem significativamente segundo o teste de Tukey no nível de significância de 5%.

Fonte: O autor (2023).

A pimenteira-do-reino é extremamente exigente por nutrientes, sobretudo por N (nitrogênio), K (potássio) e P (fósforo) (Chiba & Terada, 1976; Veloso *et al.*, 1999, Brasil *et al.*, 2020). Entretanto, a atual recomendação de adubação para pimenta-do-reino leva em consideração o cultivo intensivo, recomendação esta que pode não se adequar ao cultivo semi-intensivo com tutor vivo (Brasil *et al.*, 2020).

Em condições de cultivo intensivo, a pleno sol e com água e adubação balanceada chega a produzir 3 a 4 toneladas de pimenta seca por hectare (Ferreira *et al.*, 2004). Contudo, a produção comercial de forma mais expressiva ocorre a partir do segundo ano (EMBRAPA, 2004).

Os parâmetros de crescimento vegetativo possuem alta correlação positiva significativa com a produção de pimenta verde e seca por planta (Thanuja & Rajendran, 2003). Para Dantas *et al.* (2022), as variáveis de crescimento ao longo do primeiro ano de cultivo de pimenta-do-reino foram superiores no cultivo em estacão em relação ao tutor vivo, que pelo menos em parte, pode ter contribuído para obtenção das maiores produções verificadas no cultivo no estacão.

Resultados obtidos por Dantas (2022) mostram que a produção de pimenta verde cultivada no estacão se obteve maiores produções em termos de pimenta seca, com produção média de ~ 48% superior ao tutor vivo de gliricídia, quando submetidas a doses de K, e em relação as dosagens de P, não houve diferença em produção de pimenta verde entre o cultivo com tutor vivo de gliricídia e estacão, chegando à conclusão de que para o primeiro ciclo de colheita/produção, a produtividade de pimenta verde e pimenta seca é maior entre 22% a 35% no cultivo em estacão em relação ao cultivo com tutor vivo. Os resultados estão de acordo com pesquisas anteriormente desenvolvidas para pimenta-do-reino em cultivo com TM (IbrahiM *et al.*, 1985; Sujatha, 1991; Satheeshan, 2000).

Houve uma determinante influência do genótipo nas produtividades e uma interação negativa entre o tutor de *Gliricidia sepium* com os genótipos mais produtivos e mesmo os intermediários (UTHI, IAÇA, GUAJ, EQUA, BRAG) sendo possível inferir que houve competição nessa fase inicial de cultivo, especialmente quando temos uma determinada associação entre a produtividade e a área foliar (Thanuja & rajendran, 2003).

O manejo da gliricídia neste sistema é feito por podas periódicas dos ramos das plantas, geralmente de 2 a 4 cortes por ano. Ademais, estudos demonstram que a introdução da gliricídia em campos de cultivo agrícola pode apresentar várias

vantagens: produção de biomassa rica em nutrientes para adubação orgânica; presença de um sistema radicular perene; cobertura e proteção do solo; manutenção ou melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo; manutenção da microfauna em profundidade e produção de forragem para alimentação animal, além de outros produtos florestais ou não-florestais (Schroth & Lehmann, 1995; Gómez & Preston, 1996; Esquivel *et al.*, 1998; Barreto & Fernandes, 2001; Dinesh *et al.*, 2010, Kunhamu *et al.*, 2016, Oliveira *et al.*, 2018).

Mesmo considerando-se esse efeito no primeiro ciclo de colheita, quando comparamos com dados em sistemas de cultivo equivalentes (PEREIRA *et al.*, 2002), as produtividades foram promissoras e praticamente equivalentes as apontadas no primeiro ciclo de produção (1,36 kg planta<sup>-1</sup>).

De acordo IBGE (2021) a produtividade média anual para cultura da pimenta-do-reino do Estado do Pará, em 2020, foi de 2,2 t/há 1.600 plantas/ha, sendo a produtividade média por planta de 1,37 kg (considerando 1.600 plantas/ha no espaçamento de 2,5m x 2,5m). Pavão (2022), em estudos realizados, utilizando os mesmos coeficientes técnicos de área e espaçamento, demonstrou que a produtividade média/planta, no primeiro ciclo de produção, foi de 0,5 kg planta<sup>-1</sup>. Portanto, muito inferior ao obtido pelo presente estudo. De forma geral, para as produtividades avaliadas a partir das interações NPK x Genótipos x Tutores, indica-se a adubação como recomendado por Brasil *et al.* (2020), no livro 'Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Pará'.

### 2.3.2 Ciclos de maturação dos frutos em função dos genótipos de pimenteira-do-reino e tutores

Avaliando-se a sincronia de produção entre os genótipos entre os tipos de tutores, foi possível evidenciar a ocorrência de produção em fases: precoce, intermediária e tardia de maturação dos frutos. Dentre os genótipos, somente UTHI apresentou ciclo de maturação dos frutos na fase tardia (Tabela 8), sendo esta, com elevada concentração nessa fase, tanto no caso do tutor EST, quanto GLI. O que confere a esse genótipo de ciclo de maturação tardio [TAR], quando do primeiro ciclo de produção.

Outros genótipos, como CLON e GUAJ apresentaram concentração em uma fase, que no caso é a intermediária (Tabela 8) em que também foi assinalada tanto no

caso do tutor EST quanto GLI. Assim, esses genótipos apresentaram um comportamento de produção intermediário [INT], quando do primeiro ciclo de produção.

Tabela 8 - Valores percentuais de produção nos genótipos e tutores e classificação da concentração da produção de pimenta-do-reino.

GEN	TUT	Produção				Concatenações			C <sub>(max)</sub>	Classificação		
		Ago	Set	Out	Nov	C1	C2	C3		Inicial	Intermediário	Tardio
BRAG	EST	22%	52%	27%		73%	78%	27%	52%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	P+
BRAG	GLI	3%	59%	39%		61%	97%	39%	59%		<input type="checkbox"/>	
CLON	EST	8%	49%	43%		57%	92%	43%	49%		<input type="checkbox"/>	
CLON	GLI	1%	63%	36%		64%	99%	36%	63%		<input type="checkbox"/>	
EQUA	EST	14%	29%	56%	1%	43%	86%	57%	56%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	P+
EQUA	GLI	6%	85%	9%		91%	94%	9%	85%		<input type="checkbox"/>	
GUAJ	EST	4%	30%	66%		34%	96%	66%	66%		<input type="checkbox"/>	
GUAJ	GLI	3%	36%	60%		40%	97%	60%	60%		<input type="checkbox"/>	
IAÇA	EST	14%	32%	54%		46%	86%	54%	54%	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	P+
IAÇA	GLI	6%	50%	44%		56%	94%	44%	50%		<input type="checkbox"/>	
UTHI	EST	0%	4%	44%	52%	4%	48%	96%	52%			<input type="checkbox"/>
UTHI	GLI	0%	6%	29%	65%	6%	35%	94%	65%			<input type="checkbox"/>

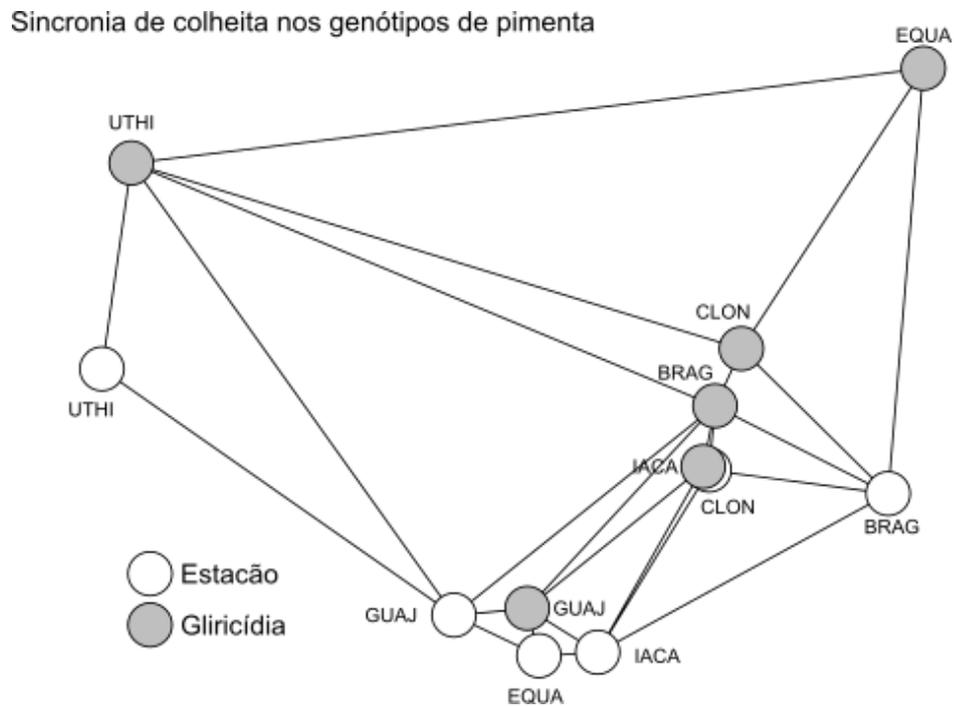
Onde: C<sub>(max)</sub> : concentração máxima de produção; P+: parcelamento

Fonte: O autor (2023).

O restante dos genótipos (BRAG, EQUA, IAÇA) não apresentou resposta exclusiva quando contrastados os tutores utilizados (Tabela 8). Nesses casos foi possível assinalar outro comportamento de produção, além do [INT] (assinalado em CLON-EST, IAÇA-EST e EQUA-GLI), que seria o comportamento de ciclo de maturação intermediário parcelado [INT|P+].

Conduzindo-se uma análise de agrupamento, tendo como distância a euclidiana padronizada, foi obtida uma matriz de afinidade entre genótipos em tutores, tendo por base o parcelamento da produção. Com essa matriz foi obtida a topologia de afinidade a partir de uma análise multidimensional não-métrica (NMDS) (Figura 15).

Figura 15 - Topologia da sincronia entre genótipos em tutores, quanto ao ciclo de maturação dos frutos, obtido via NMDS.



Fonte: O autor (2023).

Deste modo, foram definidos os seguintes comportamentos: (i) genótipos com produção tardia: UTHI – sem distinção entre os tutores; (ii) genótipos com produção intermediária: GUAJ, CLON – sem distinção entre os tutores; BRAG, EQUA, IAÇA em tutor GLI; (iii) genótipos com produção intermediária parcelada: BRAG, EQUA, IAÇA em tutor EST (Tabela 8 e Figura 15).

Avaliando-se o grau de similaridade mínima entre os genótipos com relação aos tutores, tem-se uma (i) elevadíssima sincronia, de ~94%, no genótipo GUAJ; (ii) elevada sincronia nos genótipos BRAG, de ~81%, CLON, com ~85%, IAÇA, com ~82% e UTHI, com ~85% e (iii) baixa sincronia no genótipo EQUA, de ~42%. Deste modo tem-se que os genótipos, tiveram baixa influência do tipo de tutor e no ciclo de maturação dos frutos, com exceção de EQUA.

### 2.3.3. Qualidade da pimenta-do-reino seca a partir da interação entre genótipos e tutores

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Pimenta-do-reino preconiza iniciar o roteiro de classificação pelo quarternamento da amostra de 1 kg (Paracampo *et al.*, 2022). Desta forma, as amostras de clones de pimenta preta foram quarteadas para, em seguida, realizar-se a determinação de: impurezas e matérias estranhas, frutos chochos e densidade, em duplicata, consoante a Instrução Normativa nº 10/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2006).

#### 2.3.3.1 Densidade

No primeiro ciclo de produção, todos os genótipos, a exceção de BRAG e CLON apresentaram a totalidade de amostras exportáveis (BB2). Nesses 2 genótipos foi possível verificar uma frequência mais elevada, quando esses eram cultivados em tutor de *Gliricidia sepium* (Tabela 9).

Avaliando-se 2 ciclos de cultivo de pimenta-do-reino, tem-se a seguinte frequência de amostras nas classes de exportação, que são sintetizados na Tabela 9.

Tabela 9 - Frequência de amostras de pimenta-do-reino, oriundas dos genótipos e tutores em função das classes de densidade nas categorias de exportação.

Genótipo	Tutor	Ciclo 1				Ciclo 2			
		BB2	BB1	B-ASTA	Rank	BB2	BB1	B-ASTA	Rank
BRAG	EST	33%	8%		IV	100%	92%	58%	IV
BRAG	GLI	83%	42%		IV	100%	83%	0%	IV
CLON	EST	67%	25%		IV	100%	100%	50%	III
CLON	GLI	92%	33%		IV	92%	92%	83%	III
EQUA	EST	100%	67%	42%	II	100%	100%	75%	II
EQUA	GLI	100%	100%	58%	II	100%	92%	75%	II
GUAJ	EST	100%	25%		III	100%	92%	67%	II
GUAJ	GLI	100%	58%		III	100%	100%	67%	II
IAÇA	EST	100%	100%	83%	I	100%	100%	100%	I
IAÇA	GLI	100%	100%	92%	I	100%	100%	92%	I
UTHI	EST	100%	100%	50%	II	92%	83%	25%	III
UTHI	GLI	100%	100%	58%	II	100%	100%	92%	III

Fonte: O autor (2023).

Tomando-se a classe, os produtos (pimenta-do-reino seca e ventilada) com maior densidade (B-ASTA), no ciclo 1, somente os genótipos IAÇA, UTHI e EQUA apresentaram amostras enquadráveis nessa classe. Sendo que a maior frequência foi assinalada em IAÇA. Uma mesma tendência de maior frequência de amostras dessa categoria quando os genótipos eram cultivados em tutor de *Gliricidia sepium* foi observada (Tabela 9).

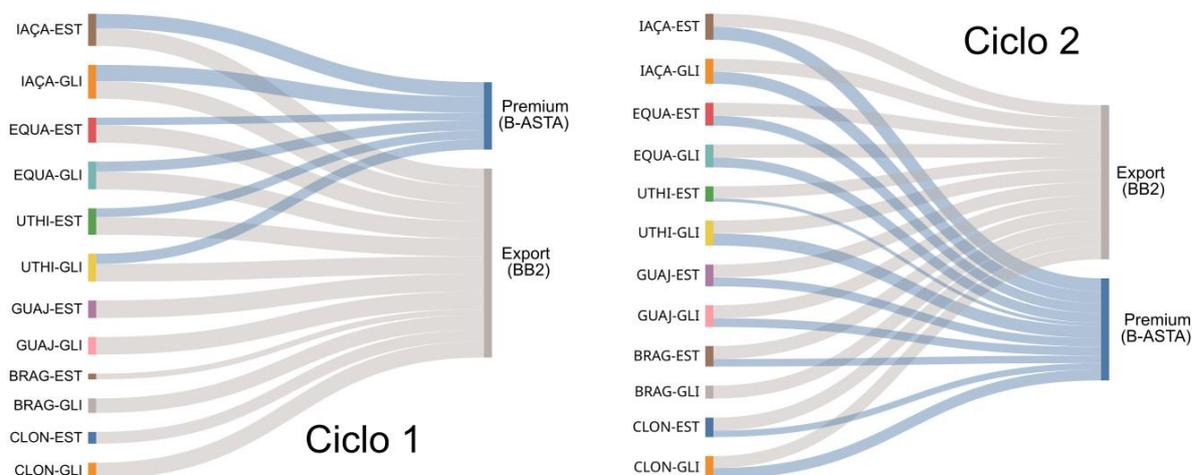
Já no ciclo 2, praticamente a totalidade de amostras foi enquadrada como exportável (BB2) em todos os genótipos ou tipos de tutores (Tabela 9).

Considerando-se a classe com maior densidade (B-ASTA) em todos os genótipos, à exceção de BRAG, apresentaram uma tendência de frequência mais elevada ou equivalente em tutores de *Gliricidia sepium* (Tabela 9).

A comercialização de pimentas em frutos desidratados segue critérios definidos, em especial quando do caso de exportação. Um dos critérios utilizados é a densidade de frutos que é um bom aferidor do peso médio dos frutos de pimenta em um dado volume. No Brasil, de acordo com MR Comércio Exterior (2023), são utilizados os seguintes limiares de densidade: BB2 (Brasil B2) – 500 g/l; BB1 (Brasil B1) – 550 g/l; Brazil ASTA (B-ASTA) – 580 g/l (ASTA – sigla da American Spice Trade Association).

Deste modo, tem-se que desde o ciclo 1, o uso de tutor de *Gliricidia sepium* apresentou tendência de maior frequência em classes com maior densidade do que quando comparados ao tutor morto. A exceção foi o genótipo BRAG que quando cultivado em tutor de *Gliricidia sepium* não apresentou amostras enquadráveis nessa categoria (Figura 16).

Figura 16 - Diagrama de Sankey nos ciclos 1 e 2 de produção em função dos genótipos e tutores nas classes de exportação.



Fonte: O autor (2023).

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade, para que seja permitida a internalização e comercialização da pimenta preta, o percentual de ocorrência dos fatores de qualidade deve encontrar-se dentro dos limites de tolerância estabelecidos para os três tipos: ASTA (sigla da American Spice Trade Association), Brasil 1 (B1) e Brasil 2 (B2). Amostras que não atendam em pelo menos um fator de qualidade que consta no Regulamento, incluindo a dispersão do conjunto de dados, serão consideradas “Fora de Tipo” (MAPA, 2006).

De modo geral, o uso de tutor de *Gliricidia sepium* apresentou efeito positivo na densidade dos frutos, com tendência a aumentar a frequência nas classes de maior densidade ou de ter frequência equivalente ao tutor morto, ressaltada a exceção observada.

#### 2.4.3.2 Extrato etéreo e piperina

Com relação tanto ao extrato etéreo, quanto à piperina foi determinado o efeito significativo quanto ao tipo de genótipo e de tutor utilizado (Tabela 10).

Modo geral, o extrato etéreo apresentou maiores valores no genótipo CLON, de 4,72 ml/100g e os menores no genótipo BRAG. De 3,75 ml/100g, enquanto o restante dos genótipos apresentou valores intermediários, de 3,97 a 4,47 ml/100g. Quanto ao tipo de tutor, *Gliricidia sepium*, de 4,28 ml/100g, apresentou maior

concentração de extrato etéreo, quando comparada ao tutor morto, com 4,04 ml/100g (Tabela 10).

Tabela 10 - Quadro de análise de variância.

Fontes	g.l.	Extrato etéreo				Piperina			
		SQ	QM	F		SQ	QM	F	
GEN	5	3,852	0,770	7,947	**	2,716	0,543	2,516	n.s.
TUT	1	0,538	0,538	5,547	*	3,392	3,392	15,706	**
GEN*TUT	5	1,049	0,210	2,164	n.s.	1,798	0,360	1,665	
Erro	24	2,327	0,097			5,183	0,216		
Total	35	7,766				13,089			

Fonte: O autor (2023).

Desdobrando-se os efeitos, no caso do tutor morto, foi possível assinalar diferença entre os genótipos, em que: CLON, com 4,73 ml/100g, apresentou valores superiores e BRAG, com 3,37 ml/100g, os menores valores, estando o restante dos genótipos, com 3,77 a 4,27 ml/100g, apresentando valores intermediários (Tabela 11). Os genótipos CLON, IAÇA e UTHI apresentaram equivalência entre os tutores, enquanto os genótipos BRAG, EQUA e GUAJ apresentaram maiores valores de extrato etéreo quando cultivados em tutores de *Gliricidia sepium* (Tabela 11).

Tabela 11 - Valores médios de extrato etéreo (ml/100g) em função dos genótipos e tutores utilizados, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

GEN	EST		GLI		Geral	
BRAG	3,37	Bc	4,13	aA	3,75	c
CLON	4,73	Aa	4,70	aA	4,72	a
EQUA	3,77	Bbc	4,27	aA	4,02	bc
GUAJ	4,27	Bab	4,67	aA	4,47	ab
IAÇA	3,93	Abc	4,00	aA	3,97	bc
UTHI	4,17	Aab	3,93	aA	4,05	bc
Geral	4,04	B	4,28	A	4,16	

Fonte: O autor (2023).

Em relação a piperina, globalmente não foi assinalada diferença entre os genótipos. E mesmo diferença entre os genótipos em cada um dos tutores (Tabela 12). Entretanto, diferenças entre os tutores foram assinaladas nos genótipos BRAG, CLON e EQUA, sendo que nesses genótipos o tutor de *Gliricidia sepium* apresentou maiores teores de piperina, enquanto nos outros genótipos (GUAJ, IAÇA e UTHI) não foi assinalada diferença entre os tutores.

Tabela 12 - Valores médios de teor de piperina (%) em função dos genótipos e tutores utilizados, ordenados segundo o teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

GEN	EST		GLI		Geral	
BRAG	3,81	Ba	4,87	aA	4,34	a
CLON	3,34	Ba	4,57	aA	3,96	a
EQUA	3,96	Ba	4,67	aA	4,32	a
GUAJ	3,67	Aa	3,70	aA	3,68	a
IAÇA	3,36	Aa	3,92	aA	3,64	a
UTHI	4,04	Aa	4,13	aA	4,09	a
Geral	3,70	B	4,31	A	4,00	

Fonte: O autor (2023).

A composição nutricional inclui a determinação do teor de umidade, cinzas, lipídeos (ou extrato etéreo - extração direta em Soxhlet com éter etílico), proteínas e fibra bruta. O teor de piperina é adotado como uma medida da pungência total da pimenta-do-reino, uma vez que constitui, aproximadamente, 98% do total de alcalóides (Gorgani *et al.*, 2017). Segundo Krishnamurthy *et al.* (2010), a variedade de pimenta-do-reino ideal deve conter pelo menos 5% de piperina.

Em estudo recente, realizado por Paracampo *et al.* (2022), a pimenta preta produzida no nordeste do Pará apresenta qualidade variável, pois mais da metade das amostras avaliadas estão fora dos padrões de identidade e qualidade estabelecidos pela legislação nacional. Quanto à piperina, os clones Equador e Panny destacam-se com teores superiores a 5%, valor recomendado para uma variedade ideal.

Deste modo, determina-se que o efeito de *Gliricidia sepium* foi positivo, apresentando valores superiores ou equivalente ao tutor morto.

## 2.5. Conclusão

No estabelecimento da cultura, no primeiro ciclo de produção, referenda-se os níveis de adubação mínimos, que equivalem a recomendação de adubação proposta para a região e registrada na literatura proposto por Brasil *et al.* (2020), de 60g de uréia, 40g de  $P_2O_5$  e 70g de  $K_2O$  por planta, de acordo com os resultados da análise de solo realizada.

A produção de pimenta-do-reino no ciclo de estabelecimento da cultura apresentou uma redução de produção na ordem de ~30% quando comparada ao tutor

morto. Inference-se sobre uma possível competição inicial entre as espécies *Piper nigrum* e *Gliricidia sepium*.

Os genótipos ou cultivares/clones Uthirankotta (UTHI) e laçará (IAÇA) apresentaram respectivamente, em ambos os tutores, as maiores produtividades de frutos secos (pimenta preta) entre 1,80 e 2,20 kg planta<sup>-1</sup>, no primeiro ciclo de produção.

Entretanto com relação a qualidade (densidade, extrato etéreo, piperina) da pimenta-do-reino produzido a tendência foi de incremento quando utilizado o tutor de *Gliricidia sepium*. Como visto de modo explícito no caso da piperina, que representou praticamente a inserção das amostras avaliadas na classe exportável quando em cultivo associado a *Gliricidia sepium*.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. C. de; CONDURÚ, J. M. P. **Cultura da Pimenta-do-reino na Região Amazônica**. Belém, PA: IPEAN, 1971. 149 p. (IPEAN. Fitotecnia, v. 2, n. 3).
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M., SPAROVEK, G., (2013) **Koppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift. <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ANDRADE, C. G. C.; SILVA, M. L.; SALLES, T. T. Fatores Impactantes no Valor Bruto da Produção de Pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) no Pará. **Floresta e Ambiente**. [online]. v. 24, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.145615>.
- BARRETO, A C; FERNANDES, M F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1287-1293, 2001.
- BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S.; VIEGAS, I. de J. M. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Pará**. 2a ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2020. 419 p.
- CARDOSO JÚNIOR, E. Q. *et al.* **Métodos de preparo de área sobre algumas características físicas do solo e da produção do maracujazeiro (*Passiflora edulis*) no nordeste do Pará**. Embrapa. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, ISSN 1517-2228. 2007.
- CHIBA, M., & TERADA, S. (1976). On the Optimum Amount of Fertilizer Based upon the Amount of Nutrients Absorbed by pepper Plant in Amazonia Region. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, 20(1), 14-21. <https://doi.org/10.11248/jsta1957.20.14>
- CIDADE-BRASIL. (2022). <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-baiao.html> Acesso em: 23 maio 2022.
- DA SILVA, A. F., DE CARVALHO, M. A. C, SCHONINGER, E. L., MONTEIRO, S., CAIONE, G., SANTOS, P. A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, 27(3). 2011 <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/8067>
- DALAZEN JR, GONTIJO I, PAYE HDS, VALANI GP, TOMAZ MA, PARTELLI FL Macronutrient dynamics in leaves and bunches of black pepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 55. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01780>
- DANTAS, R.C.R. **Comportamento fisiológico e agrônomico de plantas de pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) cultivadas em gliricídia (*Gliricídia sepium* L.) sob doses de NPK**. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pa. 181 p. 2022.
- DANTAS, R.C.R., PINHEIRO, H.A., BRASIL, E.C., DE LEMOS, O.F., BOTH, J.P.C.L., BOTELHO, S.M., e DE LIMA JUNIOR, J.A. **Nitrogen effects on leaf gas exchange**,

**vegetative growth and yield of black pepper plants using *Gliricidia sepium* as living support.** African Journal of Agricultural Research, 19(2), 139-150. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJAR2022.16207>

DINESH R, SRINIVASAN V, HAMZA S, PARTHASARATHY, V A, & AIPE K C. Physico-chemical, biochemical and microbial properties of the rhizospheric soils of tree species used as supports for black pepper cultivation in the humid tropics. **Geoderma**, 158(3-4), 252-258. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.04.034>

DOS SANTOS HG, JACOMINE PKT, DOS ANJOS LHC, DE OLIVEIRA VA, LUMBRERAS JF, COELHO, MR, CUNHA T J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, DF: Embrapa, 2018.

DUQUE, J. A. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. 1983. Disponível: site Horticulture Department at Purdue web. URL: [http://www.hort.parde.edu/newcrop/duke\\_energy/Gliricidia\\_sepium](http://www.hort.parde.edu/newcrop/duke_energy/Gliricidia_sepium)

EMBRAPA - EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Manual Segurança e Qualidade para a Cultura da Pimenta-do-Reino.** Brasília: EMBRAPA/SEDE, 65 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS Campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA, 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Projeto de pesquisa e transferência de tecnologias para o cultivo sustentável da pimenteira-do-reino em tutor vivo para agricultura familiar. **Carteira de projetos Embrapa, 2020.** Disponível em <https://sistemas.sede.embrapa.br/ideare/pages/home/principal/principalframesnovo.jsf>. Em setembro de 2020.

EMONGOR, V. E., & MABE, O. **Effects of phosphorus on growth, yield and yield components of chilli pepper (*Capsicum annum* L.).** 2010. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 936 (pp. 327-334). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.936.42>

ERB M., KLIEBENSTEIN, D.J. **Plant Secondary Metabolites as Defenses, Regulators, and Primary Metabolites: The Blurred Functional Trichotomy.** Tropical Review, 184, 39-52. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.20.00433>

ESQUIVEL, Jorge *et al.* Distribución de Nutrientes en el suelo en asociaciones de poró (*Erythrina berteroana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) o *Arachis pintoi* con *Brachiaria brizantha*. **Agroforestería en las Américas**, v. 5, n. 17-18, p. 39-43, 1998.

FERREIRA, Célio Armando Palheta *et al.* Coeficiente técnicos, custos, rendimentos e rentabilidade. In: DUARTE, M. L. E. (Ed.). **Sistema de produção: Cultivo da pimenta-do-reino na Região Norte.** 1ª ed. Belém. p. 283-286, 2004.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, [S.l.], 37(4), 529-535. <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. (2019). Acesso em 29 out. 2021.

FRANZINI, V. I., SILVA, A. R. B., & BOTELHO, S. M. **Área de plantio, Calagem e Adubação**. In: Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará. Brasília, DF: Embrapa, 52p. 2014.

GÓMEZ, M.; PRESTON, T. R. Ciclaje de nutrientes en un banco de proteína de matarratón (*Gliricidia sepium*). **Livestock Research for Rural Development**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 1996.

GORGANI L., MOHAMMADI M., NAJAFPOUR G.D., NIKZAD M. Piperine - the bioactive compound of black pepper: from isolation to medicinal formulations. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 16, 124-140. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12246>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). **Levantamento sistemático da produção agrícola: Sistema de recuperação automática – SIDRA. 2019**. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: jun. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal - 2021: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>> Acesso em jan. 2023.

IBRAHIM, K.K., PILLAI, V.S. AND SASIKUMARAN, S. **Path coefficient analysis of some yield components in black pepper (*Piper nigrum* L.)**. Indian Spices 22(3): 22-25 Kumar, B.M. and Prabhakaran, P.V. 1980. Determination of leaf area in pepper (*Piper nigrum* L.) using linear measurement. Indian Cocoa Arecanut Spices J. 4: 26-27. 1985.

IQBAL G., IQBAL A., MAHBOOB A., FARHAT S.M., ARMED T. Memory enhancing effect of Black Pepper in the AIC13 induced neurotoxicity mouse model is mediated through its active component chavicol. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, 17(11), 962-973. 2016. DOI: <https://doi.org/10.2174/1389201017666160709202124>

ISHIZUKA, Y., KATO, A. K., CONCEIÇÃO, H. E. O., & DUARTE, M. L. R. Sistema de cultivo sombreado. In: Duarte, M. L. R. Cultivo da pimenteira-do-reino na Região Norte. Belém, PA. *Embrapa*, Embrapa Amazônia Oriental, (Embrapa Amazônia Oriental. Sistemas de produção), 83-89. 2004.

ISSUKINDARSYAH, I., SULISTYANINGSIH, E., INDRADEWA, D., & PUTRA, E. T. S. The Effect of Ammonium Nitrate Ratio and Support Types on the NPK Uptake and Growth of Black Pepper (*Piper nigrum* L.) in **Field Conditions**. **Poljoprivreda**, 27(2), 25-33. (2021). <http://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d210502>

KARTHIKA, K. S., RASHMI, I., & PARVATHI, M. S. Biological functions, uptake and transport of essential nutrients in relation to plant growth. In **Plant nutrients and abiotic stress tolerance** (pp. 1-49). Springer, Singapore. 2018. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_1). Acesso: jun. 2021.

KATO, A. K., UCHIDA, M., MENEZES, A. J. E. A., OGATA, T., ALBUQUERQUE, F. C., HAMADA, M., & DUARTE, M. L. R. **Utilização de tutores vivos na cultura da pimenta-do-reino**. In: *Seminário internacional sobre pimenta-do-reino e cupuaçu*, v.

1, 1996. Belém, PA. Anais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, v.89, 435-440. 1997.

KOROLKOVAS A; BURCKHALTER J.H. **Química Farmacêutica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

KRISHNAMURTHY K.S., PARTHASARATHY V.A., SAJI K.V., KRISHNAMOORTHY B. Ideotype concept in black pepper (*Piper nigrum* L.). **Journal of Spices and Aromatic Crops**, 19(1&2), 1-13. 2010. <https://updatepublishing.com/journal/index.php/josac/article/view/4949>. Accessed November 12, 2021.

KUNHAMU, T. K., ANEESH, S., MOHAN KUMAR, B., JAMALUDHEEN, V., RAJ, A. K., & NIYAS, P. **Biomass production, carbon sequestration and nutrient characteristics of 22-year-old support trees in black pepper (*Piper nigrum*. L) production systems in Kerala, India**. Agroforestry Systems. 2016. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-016-0054-5>

LEMOS, O. F.; POLTRONIERI, C. R. Produção de mudas. In: LEMOS, O. F.; TREMACOLDI, C. R.; POLTRONIERI, M. C. **Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará**. 1ª ed. Brasília: Embrapa, p. 13-17, 2014.

LEMOS, O. F., RODRIGUES, S. M.; BOTH, J. P. C. L.; ARAÚJO, S. M. B., & POLTRONIERI, M. C. (2022). **Aspectos morfológicos de crescimento e produção de cultivares de pimenteira-do-reino em tutor sustentável de gliricídia na mesorregião do Baixo Tocantins, Pará**. *Research, Society and Development*, 11(13). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35596>

LUZ S.F., YAMAGUCHI L.F., KATO M.J., LEMOS O.F., XAVIER L.P., MAIA J.G.S., RAMOS A.R., SETZER, W.N., SILVA, J.K.R. Secondary metabolic profiles of two cultivars of *Piper nigrum* (Black Pepper) resulting from infection by *Fusarium solani* F. sp. *piperis*. **International Journal of Molecular Sciences**, 18(2434), 1-17. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18122434>

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa Nº 10, de 15 de maio de 2006**. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Pimenta-do-Reino; a Amostragem; os Procedimentos Complementares; e o Roteiro de Classificação contidos nos Anexos I, II, III e IV. Brasília, DF. 2006. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=16/05/2006&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=80> (Accessed July 15, 2021).

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa Nº 12, de 06 de setembro de 2021**. Aprova a Norma Técnica Específica para a Produção Integrada de Pimenta-do-Reino. Diário Oficial da União, Brasília. 2021. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada/arquivos-publicacoes-producao-integrada/pimenta-do-reino/intrucao-normativa-no12-de-06-de-setembro-de-2021.pdf>. Accessed August 08, 2022.

MENEZES, A. J. E. A DE., HOMMA, A., ISHIZUKA, Y., KODAMA, N. & KODAMA, E. **Gliricídia como tutor vivo para pimenteira-do-reino**. Embrapa Amazônia Oriental.

**Série documentos 393.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 31p., 2013. ISSN 1983-0513.

MORAES, ALDECY JOSÉ GARCIA de; *et al.* Avaliação dos impactos econômico, social e ambiental do cultivo da pimenteira-do-reino com tutor vivo de gliricídia no Estado do Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 3696-3715, 2018.

NEVES, A. D. S.; PEREIRA, G. C.; MORAES, F. I. O.; CAMPOS, A. X. de. **Nível atual de fertilidade dos solos de pimentais decadentes.** Itabuna, Seplan, 1981. 10p. (CEPLAC. Boletim Técnico, 87).

NWOKEM CO; AGBAJI EB; KAGBU JA; EKANEM EJ. **Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria.** *New York Science Journal* 3: 17-21. 2010.

OLIVEIRA, R. F. de; CRUZ, E. de S. **Efeito da adubação NPK na nutrição e produtividade da pimenta-do-reino, no município de Tomé-Açu, Pará.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 22p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 32).

OLIVEIRA, R. F. de; CRUZ, E. de S.; MOURÃO JR., M. **Efeito da adubação NPK na produtividade, nutrição e sanidade da pimenta-do-reino, em Castanhal, PA.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 34p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 10).

OLIVEIRA, A. P., ALVES, E. U., SILVA, J. A., ALVES, A. U., OLIVEIRA, A. N. P., LEONARDO, F. A., CRUZ, I. S. **Produtividade da pimenta-do-reino em função de doses de esterco bovino.** *Horticultura Brasileira*, 25, 408-410. 2007.

OLIVEIRA, D. M. de; BOTELHO, F. J. E.; MARCOLAN, A. L. **Folder técnico: Coleta de solo para análise de fertilidade.** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2015. Disponível em <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1031051>.

OLIVEIRA MG, OLIOSI G, PARTELLI FL, RAMALHO JC. Physiological responses of photosynthesis in black pepper plants under different shade levels promoted by intercropping with rubber trees. **Ciência e Agrotecnologia**, 42, 513-526. 2018. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018425020418>

PARACAMPO, N. E. N. P., ABREU, L. F., DE LEMOS, O. F., BOTH, J. P. C. L. Quality of black pepper produced in northeastern Pará. **Revista de agricultura neotropical**, [S. L.], v. 9, n. 3, p. e7020, 2022. DOI: 10.32404/rean.v9i3.7020. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/7020>. Acesso em: 22 apr. 2023.

PAVÃO, Eduardo de Moraes. **Produção de pimenta do reino no Estado do Pará: opções para intensificação produtiva e impactos nas emissões de CO2.** Dissertação de Mestrado. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo. 75 pag. eq. 2022. Acesso em 10/08/2023. <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/32856>

PEREIRA, E. O. L., CONCEIÇÃO, H. E. O., DUARTE, M. L. R., ISHIZUKA, Y., & AGUIAR, M. V. (2002). **Avaliação de cultivares de pimenta-do-reino em sistema de cultivo “semi-intensivo”**. In: *XII Seminário de Iniciação Científica da FCAP e VI Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental*, Belém, PA, Anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 5p. <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/406196>>. Acesso em: 22 junho 2022.

PEREIRA, M. E. M. **Desempenho e viabilidade econômica da couve-flor em diferentes condições de manejo da irrigação e adubação com boro no Nordeste Paraense**. 48 p. 2015. Dissertação. Universidade Federal da Amazônia - UFRA, Belém, 2015.

POLTRONIERI M. C., RODRIGUES S. DE M., LEMOS O. de F., MENEZES I.C. de, BOTH; J.P.C.L. **Estado da arte do melhoramento genético de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.)**. Embrapa. Belém, PA. 2020. 22 p.

RAVINDRAN P.N., KALLUPURACKAL J.A. **Black pepper**. In: Peter, K.V. Handbook of Herbs and Spices. 2nd ed., vol 1. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, p. 86-115. 2012. [https://www.google.com.br/books/edition/Handbook\\_of\\_Herbs\\_and\\_Spices/cK-jAgAAQBAJ?hl=ptBR&gbpv=1&dq=Handbook+of+Herbs+and+Spices&printsec=frontcover](https://www.google.com.br/books/edition/Handbook_of_Herbs_and_Spices/cK-jAgAAQBAJ?hl=ptBR&gbpv=1&dq=Handbook+of+Herbs+and+Spices&printsec=frontcover). Accessed May 06, 2021.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. 2ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA/FAEPE. 2007. 95p.

RODRIGUES, S D M, POLTRONIERI, M, DE LEMOS, O F, ARAUJO, S, BOTH, J P C L. **Avaliação de cultivares de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*) em dois tipos de tutores no município de Igarapé-Açu, Pará**. Embrapa Amazônia Oriental - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E). 2019.

ROZOV, A., KHUSAINOV, I., EL OMARI, K., DUMAN, R., MYKHAYLYK, V., YUSUPOV, M., YUSUPOVA, G. **Importance of potassium ions for ribosome structure and function revealed by long-wavelength X-ray diffraction**. Nature communications, 10(1), 1-12. 2019. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10409-4>

SANTOS, Helane Cristina Aguiar. **Desempenho produtivo de cultivares de pimenta-do-reino sob condições de manejo de irrigação no Nordeste Paraense**. Tese de doutorado. 185p. Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2022.

SARG, S. M., HASSAN, M. A., EL-SEIFI, S. K., & RAKHA, M. K. Effect of sulphur and phosphate fertilization on growth yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annum*, L.) b-Effect on yield, fruit quality and nutrient components. **Journal of Plant Production**, 32(3), 2225-2242. 2007. <https://dx.doi.org/10.21608/jpp.2007.206737>

SATHEESHAN, K.N. **Physiological and biochemical aspects of flowering, berry set and development in black pepper (*Piper nigrum* L.)**. Ph.D. thesis, Kerala Agricultural University, Thrissur, p.172. 2000.

SCHROTH, Götz; LEHMANN, Johannes. Contrasting effects of roots and mulch from three agroforestry tree species on yields of alley cropped maize. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 54, n. 1-2, p. 89-101, 1995.

SOUZA, R. O. R. M. *et al.* Avaliação econômica da irrigação em pomares de açaí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. V.7, nº. 1, p. 54 - 65, 2013.

SUJATHA, R. **Variability in intervarietal F1 hybrids and open pollinated seed progenies of black pepper (*Piper nigrum L.*)**. M.Sc. (Ag.) thesis, Kerala Agricultural University, Thrissur, p.103. 1991.

THANUJA, T. V., & RAJENDRAN, P. C. **Influence of plant characters on dry yield of black pepper (*Piper nigrum L.*)**. In Proceedings of XIII Swadeshi Science Congress (pp. 47-51). 2003.

THORNTON, C. W., & MATHER, R. J. (1955). **The water balance**. New Jersey: Laboratory of Climatology, v. 8, 104 p. (Publication in Climatology).

VELOSO, Carlos Alberto Costa; CARVALHO, Eduardo Jorge Maklouf. Absorção e extração de alguns nutrientes pela cultivar 'guajarina' de pimenta-do-reino. **Scientia Agricola**, v. 56, p. 443-447, 1999.

VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. **Resposta de cultivares de pimenta-do-reino aos nutrientes N, P, K em um Latossolo Amarelo da Amazônia Oriental**. *Cientia Agrícola*, v. 57, n.2, p.343-347, abr/jun. 2000

WAARD, P. W.F. de. **Citirrent state and prospective trends of black pepper (*Piper nigrum L.*) Production**. *Outlook on Agriculture*, Great. Britain, v. 15, n.4, p.186-195, 1986.

YADAV, Jaipal *et al.* Effect of Potash Management through Gliricidia Green Leaf Manuring on Soil Fertility and Yield of Soybean in Vertosols. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 2, p. 1033-1037, 2020.

## CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO CULTIVO DE PIMENTEIRA-DO-REINO IRRIGADA NO NORDESTE PARAENSE: *GLIRICIDA SEPIUM* COMO REDUTOR DE DEMANDA HÍDRICA

### RESUMO

O estudo tem o objetivo de determinar a viabilidade econômica e os indicadores técnicos para o cultivo da pimenteira-do-reino em tutor vivo (*Gliricidia sepium* L.) nos sistemas de irrigação para melhor aproveitamento da água e benefício à cultura. O sistema de irrigação foi instalado em fileiras duplas de plantio de pimenteiras-do-reino. Essa situação é idêntica tanto em tutor vivo quanto em tutor morto (estacão de madeira). Os diferentes sistemas de manejo hídrico estão dispostos nas fileiras duplas de plantio sob combinações entre (i) tutores: Estacão (EST) e *G. sepium* L. (GLI); e (ii) linhas de irrigação: uma linha (1L), duas linhas (2L), totalizando quatro combinações entre os dois fatores. Ao ter sido avaliada a demanda de irrigação (meses de julho a dezembro) nos diferentes sistemas de cultivos de pimenteira-do-reino (estacão e tutor vivo) uma menor demanda hídrica (~1.057 → ~381 horas de irrigação) foi assinalada no caso dos sistemas que utilizam gliricídia com tutor, em especial o sistema com irrigação com duas linhas. O menor custo de implantação utilizando-se gliricídia como tutor vivo, assegura recursos financeiros para a adoção de irrigação, devido a acentuada redução de custos de operação obtida a partir da combinação *Gliricidia sepium* em duas linhas de irrigação, no qual se atingiu um custo anual por hectare em torno de R\$ 1.413,50 reais, apresentando um valor de R\$ 93,50 reais maior (~7%) do que salário mínimo ha/ano, vigente em maio de 2023. Os resultados desse estudo demonstram evidente contribuição do uso de gliricídia na circularidade econômica da cadeia da pimenteira-do-reino.

Palavras-chave: *Piper nigrum*; produção; irrigação.

## ABSTRACT

The study aims to determine the economic viability and technical indicators for the cultivation of black pepper on living stalks (*Gliricidia sepium* L.) in irrigation systems for better use of water and benefit to the crop. The irrigation system was installed in double rows of black pepper plantations. This situation is identical for both a living guardian and a dead guardian (wooden station). The different water management systems are arranged in double planting rows under combinations between (i) tutors: Estação (EST) and *Gliricidia sepium* (GLI); and (ii) irrigation lines: one line (1L), two lines (2L), totaling four combinations between the 2 (two) factors. When the irrigation demand was evaluated (months from July to December) in the different black pepper cultivation systems (station and live tutor) a lower water demand (~1,057 → ~381 hours of irrigation) was noted in the case of systems that use *Gliricidia sepium* with a tutor, especially the system with irrigation with 2 (two) lines. The lower implementation cost using *Gliricidia sepium* as a living tutor, ensures financial resources for the adoption of irrigation, due to the marked reduction in operating costs obtained from the combination of *Gliricidia sepium* in two irrigation lines, in which a cost annual per hectare of around R\$ 1,413.50 reais, representing a value of R\$ 93.50 reais higher (~7%) than the minimum wage ha/year, in force in May 2023. The results of this study demonstrate an evident contribution the use of *Gliricidia sepium* in the economic circularity of the black pepper chain.

Keywords: *Piper nigrum*; production; irrigation.

### 3.1 Introdução

A pimenteira-do-reino é uma das plantas condimentares mais valorizadas do mundo, com grande valor econômico, permitindo que a atividade desenvolvida pelos pipericultores seja altamente rentável. Nas últimas décadas, a cultura da pimenta-do-reino tem recebido um manejo convencional, no qual as práticas culturais são aplicadas uniformemente, com base em médias, considerando a homogeneidade dos fatores de produção em todo o campo. Porém, o desconhecimento pontual desses fatores pode proporcionar metas impróprias de produtividade com uso excessivo de insumos, tornando a produção ineficiente com altos custos e danos ambientais.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de pimenta-do-reino. O Estado do Pará, ocupava até 2017, a posição de primeiro produtor nacional de pimenta-do-reino, seguido pelo Estado do Espírito Santo (no Sudeste) e Bahia (no Nordeste), possuindo também a maior área plantada e direcionando a linha de tendência de produção desta espécie no País (Silva *et al.*, 2017).

Em se tratando do sistema de produção do cultivo da pimenteira-do-reino a Embrapa Amazônia Oriental tem se empenhado no sentido de promover pesquisas relacionadas ao uso da gliricídia como tutor vivo na produção de pimenta-do-reino no Estado do Pará, a exemplos de experimentos relativos ao manejo adequado das plantas de gliricídia, o uso de cultivares mais adaptadas e mais produtivas para esse tipo de tutor, dentre outros aspectos (Both *et al.*, 2022). Para a cultura da pimenteira-do-reino, tem-se identificado a necessidade de ajustes por meio da avaliação da adoção da tecnologia quanto a sistemas de nutrição específicos para o sistema de produção de pimenteira-do-reino irrigada, bem como a implantação de sistema de irrigação em áreas com déficit hídrico, principalmente no primeiro ano de cultivo (Lemos; Both, 2022).

Sabe-se que a gliricídia é uma leguminosa que se propaga por estacas, podendo alcançar até 12 metros de altura com 30 centímetros de diâmetro. Entretanto, sem o manejo adequado do sistema de produção da pimenta-do-reino em gliricídia, tem sido observada redução na produtividade na ordem de 20% a 30% (Menezes *et al.*, 2013). Estudos semelhantes à esta proposta de pesquisa têm gerado resultados a partir de parâmetros para tomada de decisão, tais como o uso de irrigação e adubação em outras espécies vegetais, como o maracujá (Carvalho *et al.*, 2014), a banana (Macedo *et al.*, 2012) e a videira (Souza *et al.*, 2013).

Apesar da irrigação ser considerada tecnologia bastante prática (Pereira *et al.*, 2016; Macedo *et al.*, 2010), de serem conhecidos o momento certo, a quantidade de água a ser aplicada na irrigação (Marouelli *et al.*, 2011), os mecanismos para medição da umidade do solo e a faixa para registro de condições ótimas (Coelho; Simões, 2015) para diversas espécies, o estudo aprofundado da irrigação e a determinação da viabilidade econômica desta técnica é fundamental visto que a agricultura irrigada representa importante custo adicional à produção, exige alto investimento em obras e aquisição de insumos e equipamentos para captação, condução, controle e distribuição da água, devendo ser considerados ainda gastos com energia e mão-de-obra para operação e manejo do sistema (Villas Boas *et al.*, 2011; Lima Junior *et al.*, 2011).

O avanço da agricultura de precisão permite aos produtores desenvolverem seus manejos e incorporarem tecnologias de forma a obter resultados que incluem, dentre outras vantagens: o aumento da produtividade; a otimização do consumo de água, fertilizantes e defensivos; a diminuição dos impactos ambientais nos ecossistemas; maior segurança aos indivíduos e a melhoria dos processos; além do aumento da eficiência e o melhor monitoramento das lavouras. Trata-se, portanto, da oportunidade de se mapear e manejar a variabilidade de atributos tornando possível o estabelecimento de zonas de manejo, que possuem características próprias e são determinantes sobre os índices de produtividades obtidos (Saraiva *et al.*, 2000).

A irrigação do Brasil destaca-se por colocar o país entre os dez com maior área irrigada do planeta. O estudo apresentado pela Agência Nacional de Águas (ANA) informa que o uso da água na agricultura irrigada abrange aproximadamente 6,95 milhões de hectares (Mha), distribuídos em diferentes técnicas de irrigação. Além disso, o documento destaca que esse total das áreas representam apenas 20% do potencial para a atividade (ANA, 2017).

A irrigação localizada compreende os sistemas de irrigação nos quais a água é aplicada ao solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades (1 a 160 litros por hora), porém com alta frequência (turno de rega de uma a quatro dias), de modo que mantenha a umidade do solo na zona radicular próximo à “capacidade de campo” (CPT, 2009; Testezlaf, 2017). Para isso, a aplicação da água é feita por meio de tubos perfurados com orifícios de diâmetros reduzidos ou por meio de gotejadores ou microaspersores denominados emissores, dos mais diferentes tipos, modelos e características.

Para Costa *et al.* (2020), mundialmente, a pimenteira-do-reino é irrigada predominantemente pelo sistema de irrigação via gotejamento. Porém, no Brasil o sistema de irrigação mais utilizado tem sido por aspersão convencional, especialmente nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste, seguido do pivô central. Ressaltamos que com o advento tecnológico a utilização da irrigação localizada via gotejamento tende a crescer no País, por se destacar como uma alternativa viável pelos ganhos em eficiência e produtividade. No campo, plantas irrigadas têm melhor desenvolvimento vegetativo, menor índice de incidência de podridão-das-raízes e maior longevidade, reduzindo em ~40% as perdas de produção (Costa *et al.*, 2020).

A pimenteira-do-reino é uma planta exigente em água principalmente na fase de florescimento, quando a ocorrência de uma semana ou mais de deficiência hídrica pode resultar em queda de flores, implicando a redução de produtividade (Duarte, 2004). Em períodos de alta demanda evapotranspiratória, com plantas adultas e em produção, a partir do 2º ano, pode-se recomendar a aplicação máxima diária de até 4 litros de água planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Oliveira; Miranda, 2021).

O sistema de irrigação por gotejamento distribui a água lenta e diretamente na zona radicular, através de canos e mangueiras flexíveis de polietileno, com emissores ou gotejadores incorporados em linha, que se estende ao longo das linhas das plantas. Num sistema bem planejado, esses emissores aplicam a água com uniformidade em todo o campo (Bernardo *et al.*, 2019). O objetivo do agricultor é manter as condições de umidade do solo próximas das ideais e levar às plantas os elementos nutrientes de forma contínua, para reduzir o estresse e promover o desenvolvimento constante. Isso se obtém através de ciclos de irrigação leves, porém constantes, fornecendo os elementos nutrientes via sistema, na frequência requerida pela cultura (Silva, 2009).

As tecnologias de irrigação por gotas mais importantes, são a cinta de gotejamento e os emissores em linha. Os principais fatores que determinam o tipo mais apropriado são a aplicação, os custos, as condições de campo e as práticas de manejo. Os sistemas de irrigação por gotas podem estender-se pelo terreno ou ser enterrados a profundidades de 4 a 30 cm. Os sistemas enterrados são menos suscetíveis a danos mecânicos e aos causados por pragas (Long, 2015).

Para Long (2015), pode-se projetar um sistema de irrigação desse tipo para propriedades de qualquer tamanho, mas todos terão componentes principais similares: bomba, filtros, reguladores de pressão, válvulas e cinta de gotejo. Um componente opcional, porém, recomendável é um subsistema de injeção de produtos

agroquímicos e fertilizantes. Em sistemas mais avançados tecnicamente costuma-se instalar também reguladores automáticos de válvulas, medidores de fluxo, sensores de umidade, por exemplo.

O uso da tecnologia de irrigação possibilita a aplicação/utilização sob diferentes formas, como: aspersão, microaspersão, pivô central, autopropelido e gotejamento. Contudo, o método de aplicação localizada se apresenta como o método de maior eficiência na utilização de água e aumento da produtividade (Marouelli, 2011).

A irrigação localizada, compreende como o sistema de irrigação, no qual a água é aplicada ao solo diretamente sobre a área de abrangência do sistema radicular, em pequenas intensidades, com alta frequência, mantendo a umidade do solo próximo a capacidade de campo. A agricultura irrigada, que representa importante custo adicional à produção, exige alto investimento em obras e aquisição de insumos e equipamentos para captação, condução, controle e distribuição da água, devendo ser considerados ainda gastos com energia e mão-de-obra para operação e manejo do sistema (Pivetta, 2010; Carvalho, 2009; Bernardo *et al.*, 2019).

Desta forma, a determinação da viabilidade econômica de um empreendimento que se inicia é fundamental para que este tenha sucesso (Vilas Boas *et al.*, 2011; Lima Junior *et al.*, 2011).

Assim, o método de aplicação localizada por gotejamento se apresenta com alta eficiência em comparação aos outros métodos de irrigação, sendo um avanço tecnológico dentro dos sistemas agrícolas (Batista *et al.*, 2010).

Atualmente, estudos relacionados ao cultivo de pimenteira-do-reino irrigada no Estado do Pará, ainda são insuficientes, o que favorece o manejo inadequado da irrigação ou a adoção de sistemas de irrigação inviáveis, nos aspectos econômico e produtivo, a partir do uso de recomendações direcionadas à outras regiões do Brasil com condições agroclimáticas totalmente distintas do Estado do Pará das quais eles se encontram, acarretando o aumento de custos de produção, elevando os riscos de salinização do solo e o desperdício de insumos (Lemos; Both, 2022).

O mercado consumidor cada vez mais exigente por produtos de qualidade, a inquestionável escassez dos recursos naturais, dentre os quais o hídrico, força a discussão e o desenvolvimento de tecnologias de produção agrícola que sejam mais eficientes e sustentáveis. Neste viés, Souza *et al.* (2013) pontua que a agricultura irrigada vem crescendo no Estado do Pará, porém o nível de informação dos

agricultores e profissionais sobre os aspectos técnicos e econômicos da irrigação é insatisfatório.

Neste cenário, constatamos que, apesar das pesquisas, ainda existe grande carência de parâmetros técnicos para que seja realizado o manejo adequado da irrigação e adubação da pimenteira-do-reino no contexto climático amazônico que, apesar dos altos índices pluviométricos, possui chuvas não igualmente distribuídas ao longo do ano, tendo 90% da precipitação concentrada entre os meses de dezembro a junho em muitas regiões do Estado (Sousa; Sousa, 2011).

Com a intenção de investigar se o investimento realizado no cultivo de pimenteira-do-reino aumenta a rentabilidade da cultura a partir da adoção das tecnologias de manejo de irrigação, o estudo tem o objetivo de determinar a viabilidade econômica e os indicadores técnicos para o cultivo da pimenteira-do-reino em tutor vivo (*Gliricidia sepium L.*) nos sistemas de irrigação para melhor aproveitamento da água e benefício à cultura.

## **3.2 Material e métodos**

### **3.2.1 Unidade Experimental e Local de implantação**

O experimento de campo, foi desenvolvido no Município de Castanhal, com área total de aproximadamente dois hectares implantado na TROPOC (Produtos Tropicais de Castanhal Ltda.), situada a 74,6 Km da Capital Belém, à Rodovia BR 316, na Zona Rural, a 40 metros de altitude, considerando as condições climáticas da região (CIDADE-BRASIL, 2022), a 01° 15' 50" S e 47° 55' 20" W (Figura 17).

Figura 17 - Foto aérea dos Experimentos: Pimental (A), jardim clonal de gliricídia (B) e cabeçal de controle de irrigação (C).



Foto: ROSA (2021).

O clima da região, segundo Köppen, é do tipo Af, com precipitação média anual de 2.432 mm e temperatura média anual de 26,5°C (Alvares *et al.*, 2013). O solo do local experimental é um latossolo amarelo distrófico (dos Santos *et al.*, 2018), havendo também a predominância de vegetação secundária (capoeira), resultante da ação antrópica (Cardoso Júnior *et al.*, 2007).

Durante o período de estudo (janeiro a dezembro de 2022), as médias mensais de taxa de precipitação, Temperatura do ar ( $T$  °C), dados de umidade relativa (UR) e demais variáveis meteorológicas, foram obtidos com base nos dados da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET da estação automática A202, localizada no município de Castanhal, PA, aproximadamente a 30 km de distância da área experimental.

### 3.2.2 Delineamento experimental

O modelo conceitual do experimento contempla os efeitos cultivares/clones, adubação e tipo de tutor, sendo implementado em um delineamento em blocos ao acaso sob estrutura fatorial.

Quanto ao efeito de cultivares/clones este foi constituído de seis cultivares, com três repetições e cada repetição constituída de três fileiras duplas (blocos) no

espaçamento de 2,20 x 2,20 m entre plantas e 4,00 m entre as fileiras, no total de 288 unidades amostrais por clone/cultivar, utilizando tutores para suporte de crescimento/desenvolvimento, de dois tipos: tutor vivo de gliricídia e estação de madeira de lei (tutor morto) no estudo comparativo entre as cultivares de pimenteira-do-reino.

Com vistas a assegurar a produção, um sistema de irrigação de gotejamento sob demanda foi implementado, a partir das leituras tensiométricas. Para os tratamentos da irrigação, o sistema foi instalado da seguinte forma: fileiras duplas de plantio com uma linha de irrigação; e fileiras duplas de plantio com duas linhas de irrigação, em cada um dos blocos.

Portanto, os diferentes sistemas de manejo hídrico, constam das leiras de produção de pimenta-do-reino em fileiras duplas, sob as seguintes combinações entre: (i) tutores: Estação (EST) e *Gliricidia sepium* (GLI); e (ii) linhas de irrigação: uma linha (1L), duas linhas (2L), totalizando 4 combinações entre os 2 fatores.

### 3.2.3 Sistema de irrigação

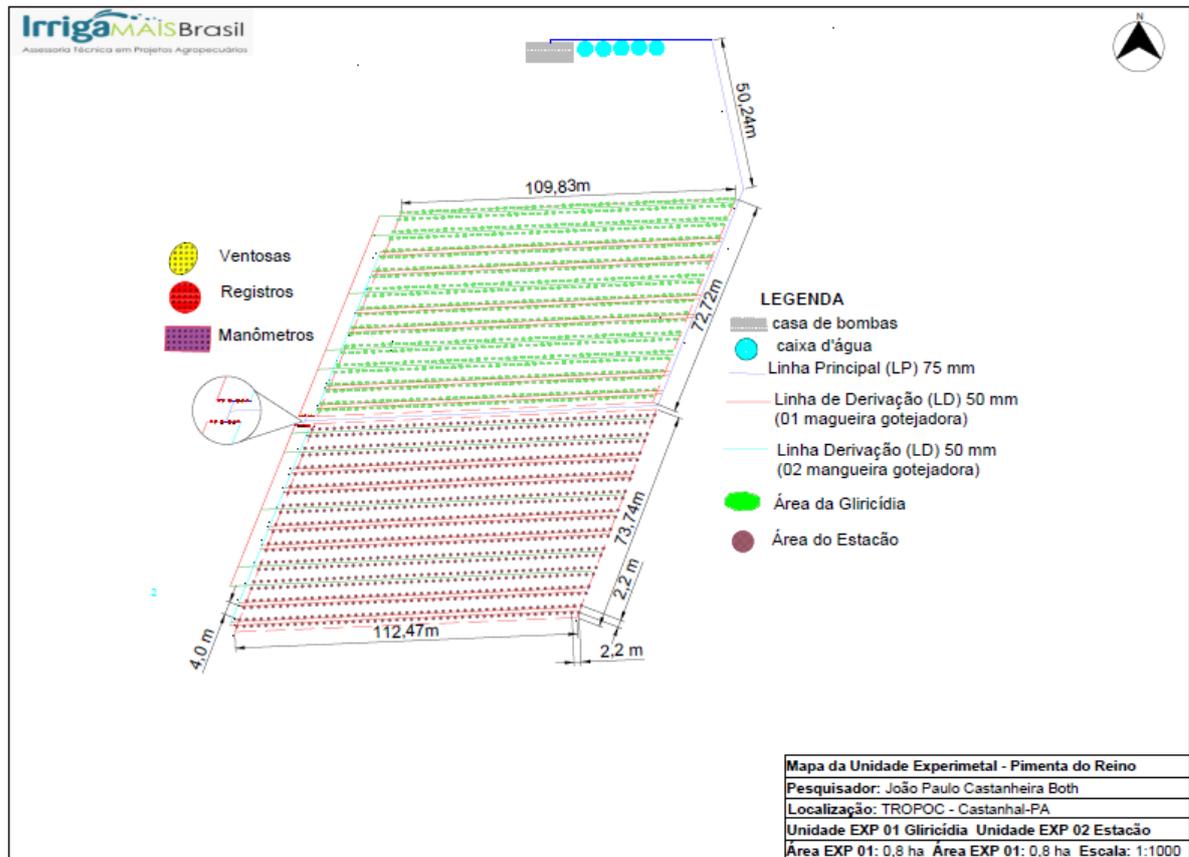
O sistema de irrigação (gotejamento) foi composto por um reservatório de 50 mil litros, com 5 caixas d'água de 10 litros; uma bomba elétrica de 5 cv com vazão de 8,44 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> acionada por controlador e um filtro de disco. A automação consistiu em um programador de 24 voltz tempo/setor e uma caixa padrão com 5 solenoides. Foram usados 1.250m de comando de polietileno linear 8mm x 4mm e conexões necessárias.

Além disso, para o manejo da irrigação e umidade do solo, foi utilizado o sistema de irrigação localizado por gotejamento subterrâneo com vazão de 3,55 l h<sup>-1</sup>, e emissores espaçados 30cm entre si (especificação/padrão da mangueira adquirida). As mangueiras gotejadoras foram enterradas à 10 cm de profundidade, com tubos autocompensantes de emissor plano drip-tech PC/AS para a irrigação, com DN 16mm, com pressão de serviço de 10 m.c.a no final da mangueira. As mangueiras gotejadoras foram posicionadas dentro da parcela em linhas duplas e linhas simples - com uma linha e duas linhas por leiras em filas duplas de plantio (Figura 18).

Para definição do momento de irrigar, foram utilizados 32 tensiômetros instalados a 20cm de profundidade nas unidades experimentais, e quando a média desses tensiômetros atingisse a tensão acima de 15 kPa, eram feitas aplicações de

água nas unidades experimentais de cada tratamento (acionamento do sistema de irrigação), a fim de elevar a umidade do solo à condição de capacidade de campo, em igual ou menor a 15 kPa. As leituras das tensões de água no solo foram realizadas diariamente entre 8 horas e 8:30 horas, uma vez ao dia, com um tensímetro digital de punção e aplicadas, para correção delas, para a profundidade desejada – 20 cm. O sistema foi acionado após a realização das leituras matutinas.

Figura 18 - Croqui do sistema de irrigação da área experimental.



Fonte: Elaborado por Irriga Mais Brasil (2023).

Após a instalação do sistema de irrigação, foi realizada avaliação hidráulica para a determinação do desempenho, através do Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD). A análise de uniformidade foi realizada em 1/3 das parcelas, colocados recipientes coletores de 250ml nestes emissores, fazendo a coleta de água por um período de 1 min, com três repetições.

De posse das médias das lâminas coletadas foi calculado o CUD. O sistema apresentou classificação excelente, de 97%, segundo classificação de Mantovani (2001), a partir do cálculo da avaliação hidráulica para fins de determinação do

desempenho através do Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), expressa na Equação 1.

Equação 1 - Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde: CUD – Coeficiente de uniformidade de distribuição (%);  $q_{25}$  – Média de 25 % das vazões com menores valores;  $q_m$  – Média de todas as vazões em L h-1.

As irrigações foram realizadas quando a média dos tensiômetros (na mesma profundidade) alcançavam a tensão crítica de cada tratamento, e sempre buscando elevar o solo a sua umidade na capacidade de campo, correspondendo a tensão de 15 kPa (0,468cm-3). Para tensiômetros de punção, o valor de  $\Psi_m$  foi determinado pela Equação 2 (FRANCO, 2015).

Equação 2 - Cálculo do potencial matricial de água no solo ( $\Psi_m$ ), em KPa

$$\psi_m = -L + 0,098 * c \quad (2)$$

Onde:  $\Psi_m$  – Potencial matricial de água no solo (kPa); L – Leitura do visor do aparelho (kPa); 0,098 – Fator de ajuste de unidades; c – Comprimento do tensiômetro (distância do meio da cápsula porosa até o centro do tubo de acrílico na parte superior do instrumento) (cm).

A lâmina líquida foi calculada a partir da Equação 3.

Equação 3 - Cálculo da lâmina líquida (LL) de irrigação, em mm.

$$LL = (\theta_c - \theta_{atual}) * Z \quad (3)$$

Onde: LL – Lâmina líquida de irrigação (mm);  $\theta_{cc}$  - Umidade do solo na capacidade de campo (cm<sup>3</sup> cm-3);  $\theta_{atual}$  – Umidade do solo no momento de irrigar (cm<sup>3</sup> cm-3); Z – Profundidade efetiva do sistema radicular (mm)

A partir de então, foi determinada a lâmina bruta, conforme a Equação 4.

Equação 4 - Cálculo da lâmina bruta (LB) de irrigação, em mm.

$$LB = \frac{LL}{(1 - k) * CUD} \quad (4)$$

Onde: LB – Lâmina bruta de irrigação (mm); CUD – Coeficiente de uniformidade de distribuição (mm); k – Constante que considera a eficiência de aplicação de água (Equação 5).

A constante que considera a eficiência de aplicação de água, expressa por K, é calculada por meio da Equação 5.

Equação 5 - Eficiência de aplicação de água (K).

$$k = 1 - E_a \quad (5)$$

Onde:  $E_a$  – Eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação por gotejamento (0,95)

E por fim, foi realizado o cálculo para determinar o tempo de funcionamento do sistema de irrigação (Equação 6).

Equação 6 - Tempo de funcionamento do sistema de irrigação ( $T_i$ )

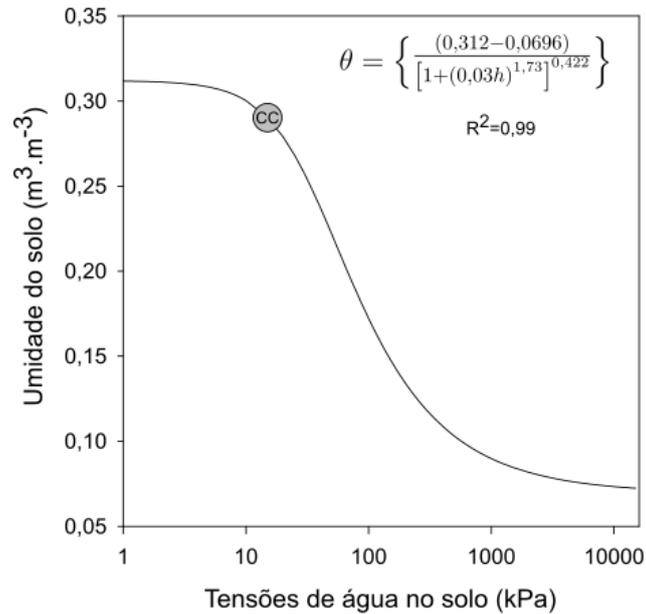
$$T_i = \frac{LB * A}{e * q_a} \quad (6)$$

Onde:  $T_i$  – Tempo de funcionamento do sistema (h); A – Área de ocupação por parcela ( $m^2$ ); e – Número de emissores por parcela (un);  $q_a$  – Vazão média dos emissores ( $L \cdot h^{-1}$ )

As lâminas de água aplicadas na diferenciação dos tratamentos e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação foram calculados segundo Franco (2015), considerando-se a profundidade efetiva do sistema radicular, igual a 20 cm, pois é nessa profundidade que se concentra cerca de 80% das raízes da cultura (Marouelli, 2008).

O manejo da irrigação foi baseado na curva característica da água no solo obtida na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Os resultados de retenção de água no solo foram obtidos por meio da câmara de pressão de Richards nos potenciais de 0, 6, 10, 30, 100, 500 e 1.500 kPa (Richards, 1941). Os dados obtidos foram ajustados através do modelo proposto por Van Genuchten (1980), com o auxílio do software R, obtiveram-se os parâmetros da equação de ajuste da curva característica de retenção de água no solo (Figura 19).

Figura 19 - Curva de retenção de água no solo para o manejo da irrigação.



$\theta$  – umidade do solo; CC – capacidade de campo  
 Fonte: Santos (2022).

### 3.2.4 Modelo estatístico

A fim de comparar a demanda hídrica nos plantios de pimenta, ao longo de um ciclo de produção foi adotado um modelo linear geral (GLM) (1) que contemple os efeitos de tipos de tutores e linhas de irrigação ao longo dos meses.

$$y_{ijklm} = \mu + M_i + T_j + I_k + (M*T)_{ij} + (M*I)_{ik} + (M*T*I)_{ijk} + e_{ijkl} \quad (1)$$

Onde:  $\mu$  - constante associada a todas as observações, tomada como média geral;  $M_i$  – efeito sazonal dos meses;  $T_j$  – efeito dos tipos de tutor;  $I_k$  – efeito das linhas de irrigação; as respectivas interações;  $e_{ijkl}$  - erro

O modelo foi verificado via ANOVA e testado por meio de F. Dada a significância do modelo, os valores médios foram desdobrados e testados por meio do teste de comparação múltipla de Tukey. Tanto em F, quanto nos contrastes de comparação múltipla adotou-se o nível de significância de 5%. As análises foram conduzidas com auxílio do software SISVAR 5.6 (Ferreira, 2019).

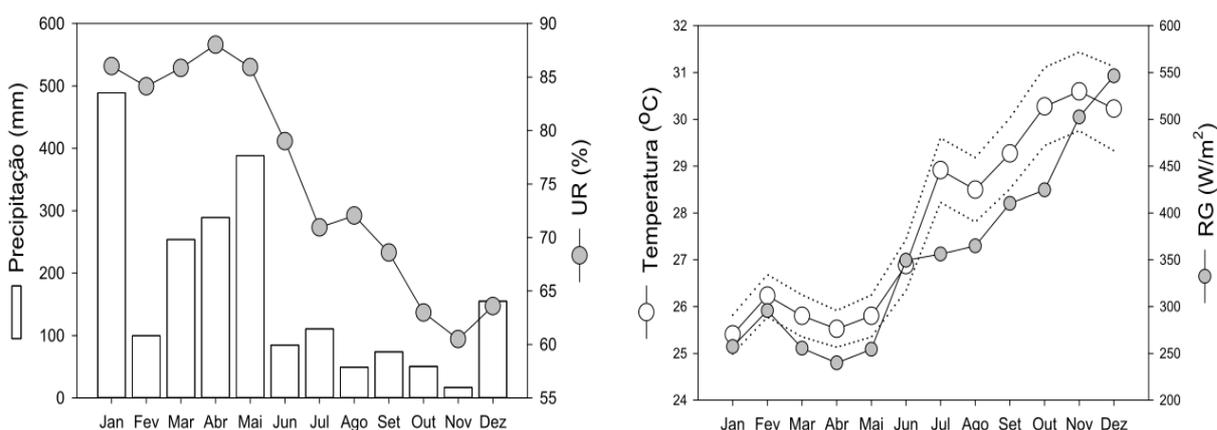
### 3.4 Resultados e discussão

#### 3.4.1 Período chuvoso e médias mensais de temperatura e umidade em 2022

No ano de 2022, observa-se que nos meses de junho a novembro de 2022 a precipitação ficou abaixo de 150 mm (estação automática INMET A202) (Figura 20), havendo necessidade de complemento de água para a cultura da pimenteira-do-reino que é exigente em bom suprimento de água, principalmente durante o florescimento e a frutificação, havendo assim a necessidade de manter o solo com adequada umidade para se evitar queda na produção.

No ano de 2022, de acordo com as médias mensais temperatura (Tar) (Figura 20), verificou-se que a média da temperatura mínima e máxima observada, dentro dos valores considerados ideais para o desenvolvimento e a produção da cultura da pimenteira-do-reino que, de acordo com Duarte (2004) e Duarte *et al.*, (2006), as temperaturas ótimas devem estar entre 23°C e 28°C. Verificou-se também uma radiação solar média de 355 W/m<sup>2</sup> com maiores radiações entre os meses de junho a dezembro. A média da umidade relativa do ar observada ficou em torno de 75,6%.

Figura 20 - Médias mensais de precipitação (PREC), temperatura (Tar), radiação global (RG) e umidade relativa (UR) do ano de 2022.



Fonte: SANTOS (2022), elaborado/adaptado pelo autor (2023).

Segundo Duarte (2004) e Duarte *et al.*, (2006), a umidade relativa do ar abaixo de 60% pode ser prejudicial à maioria das plantas, por aumentar a taxa de transpiração, por outro lado, umidades relativas do ar acima de 90% reduzem a

absorção de nutrientes, por causa da redução da transpiração, além de favorecer a propagação de doenças fúngicas.

Quanto à precipitação ocorrida durante o ano de estudo, observou-se que houve uma precipitação anual de 2.061 mm. Porém, esse total de precipitação se concentrou nos primeiros meses do ano, onde as maiores precipitações ocorreram nos meses de janeiro (489 mm), abril (289 mm) e maio (388 mm), e as menores nos meses de agosto (49 mm), setembro (74 mm) e outubro (51 mm) e novembro (17 mm), conforme preconiza Santos (2022).

Sendo um elemento climático de fundamental importância para as plantas, pois a água da chuva é essencial para o crescimento e desempenha importante papel na fotossíntese e, portanto, na produção. Essa importância se torna maior nas regiões tropicais úmidas e na Amazônia porque, o elemento regulador da agricultura é a chuva, dada a sua função na disponibilidade de água durante o ano (Duarte, 2004).

Essa retirada de água do solo, devido às condições de déficit hídrico resultante da má distribuição das chuvas, afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, necessitando de estratégias como a irrigação para suprir a demanda de água da planta (Oliveira; Oliveira, 2018).

#### 3.4.2 Manejo da irrigação a partir das leituras da tensão de água no solo

A partir das análises dos dados meteorológicos (Figura 20), percebe-se que nos meses de julho a novembro de 2022, os tratamentos submetidos à tensão crítica de 15 kPa foram irrigados, em razão do solo da área experimental apresentar baixa retenção de água, a tensão crítica estabelecida em todos esses meses também foi atingida.

Avaliando-se os efeitos do modelo sobre o número de dias com demanda hídrica e o total de horas de irrigação foi possível assinalar os efeitos principais: mês, tutor e linha de irrigação em ambos os quesitos, como também a interação mês\*tutor. O restante das interações foi assinalado como significativa somente no caso dos dias com demanda hídrica, excetuando-se a interação tutor\*linhas (Tabela 13).

Tabela 13 - Análise de variância do modelo adotado.

Efeitos	g.l.	Dias			IRRI				
		SQ	QM	F	SQ	QM	F		
Mês	5	8.140,65	1.628,13	114,377	**	247.702,83	49.540,57	24,87	**
Tutor	1	888,17	888,17	62,394	**	61.257,90	61.257,90	30,75	**
Linhas	1	805,04	805,04	56,555	**	37.411,83	37.411,83	18,78	**
Mês*Tutor	5	771,77	154,35	10,843	**	34.692,22	6.938,44	3,48	**
Mês*Linhas	5	564,65	112,93	7,933	**	18.574,57	3.714,91	1,87	n.s.
Tutor*Linhas	1	73,50	73,50	5,163	*	8.023,53	8.023,53	4,03	*
Mês*Tutor*Linhas	5	389,56	77,91	5,473	**	16.789,44	3.357,89	1,69	n.s.
Erro	360	5.124,50	14,23			717.120,66	1.992,00		
Total	383	16.757,83				1.141.572,98			

Fonte: O autor (2023).

Tomando-se os componentes de variância, a partir dos valores de QM, pode-se hierarquizar os efeitos sobre as variáveis consideradas. Sendo que no caso dos dias com demanda de irrigação o efeito mês, ~43% da variação global foi o mais influente, seguido pelos efeitos de tutor, com ~24% da variação global, e linhas de irrigação, com ~21% da variação global. Já com relação ao total de horas de irrigação o efeito tutor, com ~36% da variação global foi o mais influente, seguido pelo efeito sazonal dos meses, com ~29% da variação global, e pelo efeito das linhas de irrigação, com ~22% da variação global.

O manejo da irrigação na tensão de 15 kPa, apresenta as características recomendadas pela literatura (Zonta *et al.*, 2016; Bernardo *et al.*, 2019), que recomendam a tensão entre 10 e 15 kPa para solos arenosos, pois, para cada tipo de solo há um volume de reservatório de água para as plantas. Solos arenosos com macroporosidade elevada reterão pequena quantidade de água, implicando, portanto, na necessidade da realização de irrigações com maior frequência, entretanto, solos argilosos com microporosidade elevada deverão armazenar uma maior quantidade de água, implicando em maiores intervalos entre as irrigações (SAAD; LIBARDI, 1992; 1994).

Barreto e Fernandes (2001) avaliaram a gliricídia e a leucena (*Leucaena leucocephala*) no sistema de alamedas em latossolo amarelo distrocoeso de Tabuleiros Costeiros, no município de Lagarto, Estado de Sergipe, no período entre 1994 a 1998, e concluíram que o aumento da porosidade total do solo se deu em virtude apenas do aumento da macroporosidade.

Considerando-se os efeitos principais, de um modo global (Tabela 14), tem-se com relação a/aos meses: o mês SET (14,83±6,19; 3-27 dias) com maior demanda por irrigação, seguidos pelos meses JUL (12,95±4,53; 4-22 dias) e AGO (12,48±7,49; 1-27 dias), sendo esses muito próximos. Em um patamar intermediário, foram assinalados os meses OUT (8,55±3,96; 1-18 dias) e NOV (6,97±1,98; 3-11 dias). Enquanto a menor demanda foi assinalada no mês de DEZ (1,09±1,48; 0-5 dias). Com relação ao (b) tutor, os maiores valores de dias com demanda de irrigação foram assinalados em EST (11±7,17; 0-27 dias), quando comparado a GLI (7,96±5,62; 0-26 dias). Já as (c) linhas de irrigação a maior demanda foi assinalada em 1L (10,93±7,23; 0-27 dias), quando comparada a 2L (8,03±5,59; 0-27 dias) (Tabela 14).

Tabela 14 - Valores médios e desvio padrão do número de dias com demanda de irrigação (dias) em função do tutor e linhas de irrigação, ao longo dos meses avaliados.

Mês	Linhas	Tutor					
		EST		GLI		G	
JUL	1L	17,81±3,51	Aa	12,19±4,10	Ba	15,00±4,72	a
	2L	12,00±3,01	Aa	9,81±3,27	Bb	10,91±3,29	b
	G	14,91±4,37	A	11,00±3,84	B	12,95±4,53	
AGO	1L	17,38±6,51	Aa	13,25±6,17	Ba	15,31±6,58	a
	2L	15,56±5,54	Aa	3,75±2,67	Bb	9,66±7,37	b
	G	16,47±6,02	A	8,50±6,72	B	12,48±7,49	
SET	1L	18,13±4,86	Aa	17,50±5,22	Aa	17,81±4,97	a
	2L	15,5±6,09	Aa	8,19±2,56	Bb	11,84±5,91	b
	G	16,81±5,58	A	12,84±6,22	B	14,83±6,19	
OUT	1L	10,19±4,86	Aa	7,81±4,74	Ba	9,00±4,87	a
	2L	9,31±2,85	Aa	6,88±2,13	Ba	8,09±2,76	a
	G	9,75±3,94	A	7,34±3,64	B	8,55±3,96	
NOV	1L	8,00±2,07	Aa	6,56±1,86	Ba	7,28±2,07	a
	2L	7,25±1,81	Aa	6,06±1,77	Aa	6,66±1,86	a
	G	7,63±1,95	A	6,31±1,80	B	6,97±1,98	
DEZ	1L	0,56±1,31	Ba	1,75±1,39	Aa	1,16±1,46	a
	2L	0,31±1,01	Ba	1,75±1,61	Aa	1,03±1,51	a
	G	0,44±1,16	B	1,75±1,48	A	1,09±1,48	
Total		11,00±7,17		7,96±5,62		9,48±6,61	

Letras maiúsculas, na horizontal, efeito de tutor; letras minúsculas, na vertical, efeito de linhas de irrigação. Valores precedidos de mesmas letras não diferem significativamente, segundo o teste de Tukey no nível de significância de 5%; EST – estação, GLI – *Gliricidia sepium*, 1L – uma linha de irrigação, 2L – duas linhas de irrigação

Fonte: O autor (2023).

Desdobrando-se os efeitos sobre o número de dias com demanda de irrigação (DDI) nos meses avaliados, tem-se que: em (a) JUL-AGO (meses com elevado nível

déficit hídrico) o tutor GLI (04-13 DDI) apresentou menor demanda de irrigação, tanto em 1L, quanto em 2L que apresentaram demandas equivalentes entre si (12-18 DDI).

Enquanto, no caso de EST, foi assinalada diferença entre as linhas de irrigação, em ambos os meses, 2L (12-16 DDI) apresentou um menor número de dias demanda de irrigação quando comparada a 1L (17-18 DDI). No mês SET (mês com o mais elevado déficit hídrico), distinções entre os tutores foram observadas somente em 2L, em que GLI (8 DDI) apresentou um valor de demanda por irrigação muito menor do que EST (16 DDI), as linhas de irrigação foram equivalentes quando no tutor EST (16-18 DDI).

Nos meses de OUT-NOV (meses com déficit hídrico intermediário) a diferença entre os tutores foi assinalada somente em OUT, em que GLI (6-8 DDI) apresentou menor demanda quando comparada a EST (7-10 DDI), quanto o contraste entre as linhas de irrigação não foi assinalada diferença entre essas linhas.

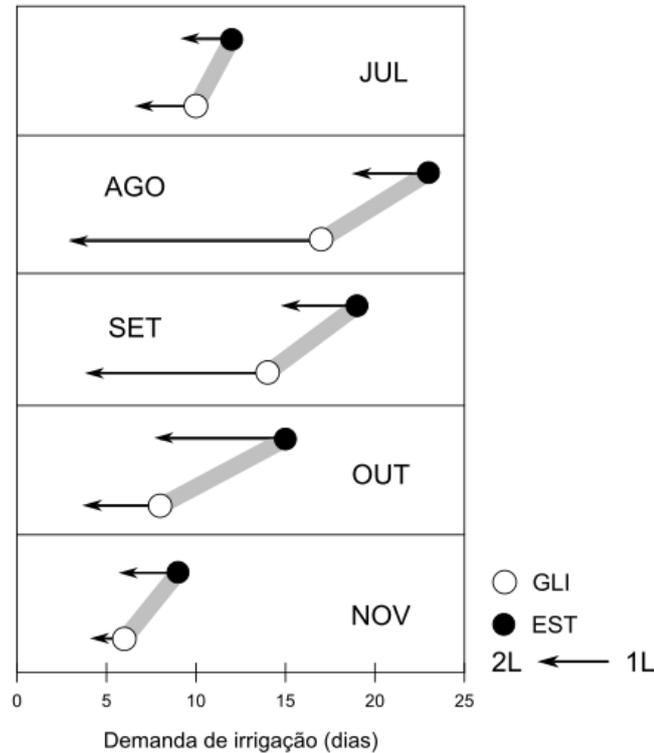
No mês DEZ (mês com o menor déficit hídrico) não foi assinalada diferença entre as linhas de irrigação entre os tutores, entretanto diferença entre os tutores foram assinaladas em ambas as linhas de irrigação, em que GLI (2 DDI) apresentou um maior demanda quando comparada a EST (1 DDI) (

Tabela 14).

Deste modo, tem-se uma diferença entre os tutores (Figura 21), com redução de demanda de dias com irrigação no tutor GLI nos meses de JUL-OUT (meses com déficit elevado ou muito elevado); equivalência entre os tutores no mês de NOV (final do ciclo de déficit intermediário) e maior demanda em GLI, em um limiar em torno de 2 DDI. As linhas de irrigação foram equivalentes, quando no sistema de tutor EST, ao longo de todos os meses avaliados, enquanto no caso do tutor GLI, diferenças entre as linhas de irrigação foram assinaladas somente nos meses de JUL-SET, em que 2L apresentou menor demanda por dias de irrigação, nos outros meses as linhas apresentaram equivalência (Figura 21).

A gliricídia tem suportado satisfatoriamente as condições críticas de umidade e temperatura do solo (região do nordeste brasileiro), produzindo boa quantidade de fitomassa para melhorar as condições físicas de solo degradado, para conservar a umidade e amenizar a temperatura do solo (Lima Filho *et al.*, 2023).

Figura 21 - Demanda de dias de irrigação ao longo do período avaliado em função dos tratamentos aplicados ao longo dos meses de observação.



Fonte: O autor (2023).

Contrastando-se os efeitos com relação ao tempo de operação mensal com irrigação, foi possível verificar que no mês de JUL o tutor GLI (38-65 horas) teve menor requerimento de horas de operação de irrigação do que EST (61-74 horas) em ambas as linhas de irrigação. Já nos meses de AGO-OUT, a distinção entre os tutores foi assinalada somente nas linhas de irrigação 2L, em todos os meses o tutor GLI apresentou menor tempo de operação mensal com irrigação. Nos outros meses (NOV-DEZ) não foi assinalada diferença entre os tutores (Tabela 15).

Com relação a diferenças entre as linhas de irrigação, estas não apresentaram diferença em nenhum dos meses avaliados, quando situados em tutor EST. Já no caso do tutor GLI, diferenças entre as linhas de irrigação foram assinaladas nos meses de JUL-OUT, em todos os casos, a linha 2L apresentou menor tempo de operação (Tabela 15).

Deste modo, nota-se que a combinação GLI-2L apresentou menor tempo de operação mensal, especialmente nos meses com déficit muito elevado, elevado, intermediário (JUL-OUT). No mês com menores déficits (NOV-DEZ) não foi assinalada diferença entre as combinações de tutores e linhas de irrigação, consequência da própria ausência de demanda hídrica (Tabela 15).

Tabela 15 - Valores médios e desvio padrão do tempo de operação mensal de irrigação (horas) em função do tutor e linhas de irrigação, ao longo dos meses avaliados.

Mês	Linhas	Tutor			G		
		EST		GLI			
JUL	1L	73,65±30,86	Aa	65,35±48,44	Ba	69,50±40,17	a
	2L	60,67±44,69	Ab	37,63±18,65	Bb	49,15±35,66	b
	G	67,16±38,35	A	51,49±38,76	B	59,33±39,05	
AGO	1L	101,71±82,33	Aa	85,39±69,67	Aa	93,55±75,48	a
	2L	101,32±90,98	Aa	15,69±10,33	Bb	58,5±77,13	b
	G	101,51±85,35	Aa	50,54±60,45	B	76,02±77,73	
SET	1L	115,33±65,01	Aa	83,32±59,48	Aa	99,32±63,42	a
	2L	91,21±77,65	A	29,29±15,07	Bb	60,25±63,38	b
	G	103,27±71,51	A	56,3±50,75	B	79,79±65,90	
OUT	1L	67,02±55,74	Aa	45,44±40,25	Aa	56,23±49,07	a
	2L	57,14±34,47	Aa	24,39±12,67	Bb	40,77±30,48	a
	G	62,08±45,86	A	34,92±31,24	B	48,50±41,26	
NOV	1L	63,9±29,69	Aa	43,6±17,6	Aa	53,75±26,13	a
	2L	48,21±20,26	Aa	40,34±20,00	Aa	44,28±20,20	a
	G	56,06±26,24	A	41,97±18,61	A	49,01±23,66	
DEZ	1L	1,14±3,00	Aa	2,94±2,53	Aa	2,04±2,88	a
	2L	0,61±2,04	Aa	5,40±5,57	Aa	3,01±4,79	a
	G	0,87±2,54	A	4,17±4,44	A	2,52±3,95	

Letras maiúsculas, na horizontal, efeito de tutor; letras minúsculas, na vertical, efeito de linhas de irrigação. Valores precedidos de mesmas letras não diferem significativamente, segundo o teste de Tukey no nível de significância de 5%; EST – estação, GLI – *Gliricidia sepium*, 1L – uma linha de irrigação, 2L – duas linhas de irrigação

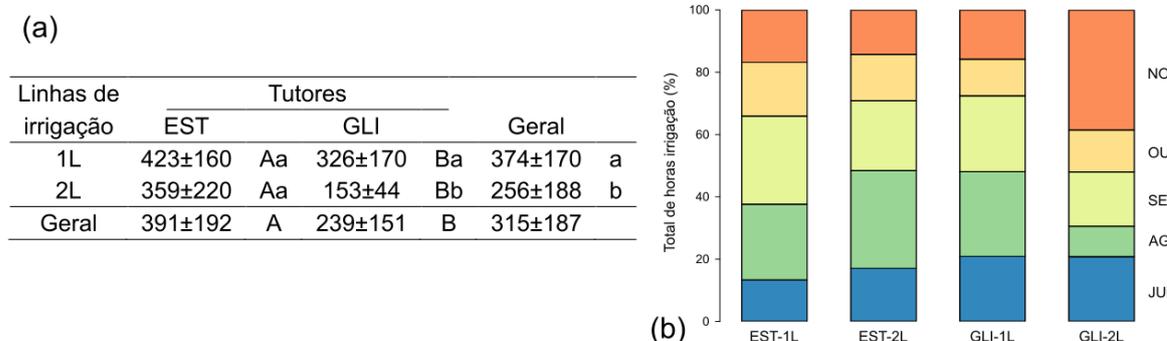
Fonte: O autor (2023).

Com relação ao efetivo número de horas de irrigação, tem-se que os meses: JUL-SET (59-80 horas de irrigação/mês) concentram cerca de 68% do tempo de operação com irrigação de um modo global, enquanto os meses de OUT, NOV (48-49 horas de irrigação/mês) concentraram cerca de 31% do tempo de operação com irrigação e o mês DEZ (3 horas de irrigação/mês) concentrou cerca de 1% desse tempo global de operação com irrigação. Este padrão repete-se em todas as combinações de tutores e linhas irrigação, à exceção de GLI-2L que apresentou 54% do tempo de operação com irrigação em JUL-SET, 42% nos meses OUT, NOV e 4% no mês de DEZ (Figura 22 a,b).

O tempo efetivo de operação com irrigação foi inferior quando em tutor GLI (I.C.<sub>(95%)</sub>: 186-292 horas), em relação ao tutor EST (I.C.<sub>(95%)</sub>: 323-459 horas). Também globalmente, as linhas de irrigação apresentaram distinções, sendo que 2L (I.C.<sub>(95%)</sub>:

190-322 horas) apresentou também um menor tempo efetivo com irrigação, quando comparado a 1L (I.C.<sub>(95%)</sub>: 315-434 horas) (Figura 22 a,b).

Figura 22 - (a) Tempo efetivo de operação com irrigação durante o ciclo de cultivo (média e desvio padrão); (b) fracionamento da demanda de irrigação nos meses avaliados.



(a) Letras maiúsculas, na horizontal, efeito de tutor; letras minúsculas, na vertical, efeito de linhas de irrigação. Valores precedidos de mesmas letras não diferem significativamente, segundo o teste de Tukey no nível de significância de 5%; (a, b) EST – estação, GLI – *Gliricidia sepium*, 1L – uma linha de irrigação, 2L – duas linhas de irrigação

Fonte: O autor (2023).

Avaliando-se a equivalência entre os tratamentos e tomando-se o tratamento menos demandante, e conseqüentemente mais eficiente, GLI-2L tem-se que EST-1L apresentou uma demanda por água 2,8 vezes maior, enquanto EST-2L apresentou uma demanda por água 2, vezes maior do que GLI-2L. Já ao contrastar os tratamentos que utilizam *Gliricidia sepium* como tutor vivo, o GLI-1L apresentou uma equivalência em demanda de água 2,1 vezes maior do que GLI-2L.

É importante ressaltar que a gliricídia fornece sombreamento parcial e é fornecedora matéria orgânica, o que contribui para a diminuição da perda de água por evaporação, e possibilita uma melhor absorção das partículas de água na região do sistema radicular. De acordo com Delfino *et al.* (2018) a gliricídia apresenta uma melhora nas características dos atributos químicos do solo, seja plantada solteira ou seguida do sistema de plantio consorciado, onde se encontra a gliricídia e outros componentes agrônômicos, pois apresenta uma estabilidade de resistência (a capacidade de se manter estável diante do estresse) e a estabilidade de elasticidade (a capacidade de se recuperar rapidamente).

Assim como a melhoria na condição do solo, a gliricídia traz consigo grandes vantagens, considerando sua alta capacidade de produção de biomassa rica em nutrientes para adubação orgânica, uma ótima cobertura e proteção do solo, a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, sendo uma boa fixadora de nitrogênio e a manutenção da microfauna em profundidade (Barreto; Fernandes, 2001).

### 3.4.3 Análise econômica e custos operacionais da irrigação no cultivo de pimenteira-do-reino em tutor vivo

Tomando-se custo de implantação, de 1 (um) hectare (ha) para o cultivo de pimenteira-do-reino, comparou-se os custos utilizando o tutor vivo de gliricídia e o tutor de estação de madeira (tutor morto) (Tabela 16), no qual o espaçamento adotado entre plantas para os cálculos, foram os mesmos utilizados na unidade experimental, sendo em fileiras duplas em 2,20m X 2,20m X 4,00m, totalizando 1.466 plantas/ha. Os dados foram obtidos a partir dos coeficientes técnicos estabelecidos por Menezes *et al.*, (2013a; 2013b). Enquanto para o cultivo irrigado automatizado da pimenteira-do-reino em ambos os tutores, utilizou-se a mesma referência, adequando alguns componentes do custo de implantação para cada sistema, sendo sistema de irrigação automatizado – 1 (uma) linha de irrigação (1L-IRRI) e 2 (duas) linhas de irrigação (2L-IRRI).

Como pode-se observar (Tabela 16), o custo de implantação de 1 ha para cultivo de pimenteira-do-reino em tutor vivo de gliricídia foi de R\$ 32.038,50 reais, no qual se obteve uma economia de R\$ 27.275,00 reais em relação ao cultivo tradicional (tutor morto), chegando a um percentual de ~46% de economia.

Um componente fundamental para esta grande diferença dos custos de implantação, foi o elevado preço das estacas de madeiras praticados no município de Castanhal e na região Bragantina, atingindo um preço médio, entre os anos de 2021 e 2022, de R\$ 25,00 reais a unidade, ao passo que o tutor vivo de gliricídia foi encontrado ao valor máximo de R\$ 5,00 a unidade. Portanto, ao se adquirir 1.500 estações, a necessidade para 1 ha no espaçamento de fileiras duplas em 2,20m X 2,20m X 4,00m, se obteve um custo de R\$ 37.500,00 reais, ao passo que o custo para aquisição de estacas de gliricídias foi de apenas R\$ 8.065,00 reais (Tabela 16).

Tabela 16 - Custo médio para implantação de 01 hectare para cultivo de pimenteira-do-reino em tutor morto (estacão) e tutor vivo de gliricídia.

Item	Discriminação	Tipo	Unidade	Quantidade		Valor unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	
				EST	GLI		EST	GLI
1.0	INSUMOS						<b>53.003,50</b>	<b>23.568,50</b>
1.1	Estacão madeira de lei	mud	un.	1.500	-	25,00	<b>37.500,00</b>	-
1.2	Estacas de gliricídia (+10%)	mud	un.	-	1.613	5,00	-	<b>8.065,00</b>
1.3	Mudas (+10%)	mud	un.	1.613	1.613	6,50	10.484,50	10.484,50
1.4	Esterco de curral (cova)	ad-org	t	8,7	8,7	250,00	2.175,00	2.175,00
1.5	Adubos de plantio (cova)	ad-min	kg	224	224	7,50	1.680,00	1.680,00
1.6	Adubos de cobertura	ad-min	kg	155,2	155,2	7,50	1.164,00	1.164,00
2.0	SERVIÇOS						<b>6.310,00</b>	<b>8.470,00</b>
2.1	Enleiramento	mec-agr	HM/dia	7	7	150,00	1.050,00	1.050,00
2.2	Piqueteamento (marcação da área)	mo	diária	6	6	80,00	480,00	480,00
2.3	Abertura de covas e plantio (gliricídia)	mo	diária	-	8	80,00	-	<b>640,00</b>
2.4	Replanteio (10%)	mo	diária	-	2	80,00	-	<b>160,00</b>
2.5	Enterrio estação	mo	diária	8	-	80,00	<b>640,00</b>	-
2.6	Abertura de cova pimenta	mo	diária	8	8	80,00	640,00	640,00
2.7	Adubação de cova/plantio	mo	diária	3	3	80,00	240,00	240,00
2.8	Plantio das mudas de pimenta-do-reino	mo	diária	8	8	80,00	640,00	640,00
2.9	Replanteio (10%)	mo	diária	2	2	80,00	160,00	160,00
2.10	Cobertura das mudas (palha)	mo	diária	2	2	80,00	160,00	160,00
2.11	Coroamento	mo	diária	8	8	80,00	640,00	640,00
2.12	Roçagem da entrelinha	mec-agr	HM/dia	2	2	150,00	300,00	300,00
2.13	Adubação de cobertura	mo	diária	7	7	80,00	560,00	560,00
2.14	Amarrio das mudas	mo	diária	7	7	80,00	560,00	560,00
2.15	Poda da gliricídia e manejo da biomassa	mo	diária	-	25	80,00	-	<b>2.000,00</b>
2.16	Monitoramento de pragas e doenças	mo	diária	3	3	80,00	240,00	240,00
	<b>TOTAL</b>						<b>59.313,50</b>	<b>32.038,50</b>

Onde: EST – estação; GLI – *Gliricidia sepium*; Tipo: mud – mudas; ad-org - adubação orgânica; ad-min - adubação mineral; mec-agr - mecanização agrícola; mo - mão de obra

Fonte: O autor (2023).

Segundo Moraes *et al.* (2023), tradicionalmente, para o cultivo de pimenteira-do-reino, utiliza-se madeira de valor comercial como tutor, que atendam a legislação ambiental, o que tem sido um problema para sua aquisição. Esse fator contribui decisivamente para a elevação do custo de implantação dos pimentais, em decorrência do aumento considerável do preço do tutor de madeira.

Em relação a viabilidade financeira e vantagens econômicas do sistema de produção de pimenta-do-reino com o uso da gliricídia como tutor vivo (considerando os custos de implantação, custos operacionais para sete anos de cultivo, utilizando das boas práticas agrícolas e recomendações técnicas da Embrapa), foi realizado por PAVÃO (2022), a modelagem econômica gerando os valores dos indicadores TIR, Payback, Breakeven, VPL e Desembolso de caixa por hectare relativos a

implementação e condução dos sistemas produtivos utilizando estacoes convencionais de acapu e tutores vivos de gliricídia (Tabela 17).

Moraes *et al.* (2023) concluiu, após a realização de estudos sobre a adoção da tecnologia de cultivo da pimenteira-do-reino em tutor vivo, no ano de 2022, que houve uma redução de aproximadamente 28% no custo para a implantação de 1 hectare, o que representa uma economia comparativamente ao cultivo tradicional. Pode-se dizer que o principal motivo dessa redução se refere ao preço do tutor, o qual é um dos principais componentes do custo de produção.

De acordo com Pavão (2022), fica evidente o impacto positivo no fluxo de caixa com a adoção da gliricídia como tutor vivo. Tal fato se deve ao preço pago pelas estacas da espécie, R\$ 5,00 reais, equivalente a cerca de 20% do valor dos estacoes de madeira de lei, R\$ 25,00 reais (Pavão, 2022).

Tabela 17 - Resultados do modelo estatístico considerando o preço pago ao produtor de R\$15,00 por kg de pimenta-do-reino cultivada em tutor vivo e tutor morto.

Gliricídia (Tutor vivo)			Estação (Convencional)		
TIR (a.a)	40%	↑	TIR (a.a)	24%	
Payback (meses)	47		Payback (meses)	59	↑
Breakeven (meses)	34	↔	Breakeven (meses)	34	↔
VPL (R\$)	85,600	↑	VPL (R\$)	57,770	
Desembolso (R\$/ha)	55,352		Desembolso (R\$/ha)	90,774	↑

Fonte: PAVÃO (2022). Adaptado pelo autor (2023).

TIR	Taxa Interna de Retorno é um índice que indica a rentabilidade de um investimento por uma unidade de tempo (MOTTA & CALÔBA, 2002).
Payback	É um indicador que determina o prazo de recuperação de um investimento. É o tempo que levará para o investimento ser pago. (MARQUEZAN; BRONDANI, 2006, p. 35).
Breakeven	Break-even point, em português, Ponto de Equilíbrio. É o volume calculado em que as receitas totais de uma empresa se igualam aos custos e despesas totais; portanto, o lucro é igual a zero” (Bernardi, 1998, p. 157).
VPL	Valor Presente Líquido é a soma algébrica de fluxos de caixa descontados para o instante presente, a uma taxa de juros (Motta; Calôba, 2002).
Desembolso de caixa	Os desembolsos compreendem os pagamentos relativos às atividades operacionais. O fluxo de caixa é o instrumento que permite ao administrador financeiro planejar, organizar, coordenar, dirigir e controlar os recursos financeiros de sua empresa para um determinado período (Zdanowicz, 1998, p. 19).

Tabela 18 - Custo médio para implantação de sistema de irrigação automatizado – 1 linha de irrigação (1L-IRRI) e 2 linhas de irrigação (2L-IRRI) – para cultivo de pimenteira-do-reino.

Item	Discriminação	Tipo	Unidade	Quantidade		Valor	Valor	
				1L	2L	unitário (R\$)	total (R\$)	1L
3.0	MATERIAL SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO						<b>12.823,08</b>	<b>13.742,28</b>
3.1	Conj. Moto-bomba 5CV centrífuga	equip.	un.	1	1	4.955,00	4.955,00	4.955,00
3.2	Mangueira gotejadora 16mm – cap. até 2,3 Bar	mat-cons	m	1800	3500	0,45	810,00	<b>1.575,00</b>
3.3	Conector c/ chula inicial para mangueira got. de 16mm	mat-cons	un.	20	35	2,00	40,00	<b>70,00</b>
3.4	Conector Final de linha para mangueira got. de 16mm	mat-cons	un.	20	35	1,68	33,60	<b>58,80</b>
3.5	Tubos PVC azul, PN 40, DN 50mm	mat-cons	vara	18	18	46,90	844,20	844,20
3.6	Bucha De Reducao Para irrigação 75 X 50 mm	mat-cons	un.	1	1	32,00	32,00	32,00
3.7	Válvula Solenóide de 2 pol. registro elétrico água	mat-cons	un.	1	1	382,00	382,00	382,00
3.8	Adaptador LR Soldavel 50mm X 1.1/2 Polegada	mat-cons	un.	2	2	12,80	25,60	25,60
3.9	Tee Irrigação Reducao 50mm X 3/4	mat-cons	un.	2	2	14,90	29,80	29,80
3.10	Manômetro glicerinado até 60mca	equip.	un.	2	2	92,90	185,80	185,80
3.11	Bucha De Redução - Macho 3/4 Bsp X Fêmea 1/2	mat-cons	un.	2	2	23,90	47,80	47,80
3.12	Válvula Eliminadora De Ar - Ventosa 3/4	mat-cons	un.	1	1	37,70	37,70	37,70
3.13	Curva 75mm 90° PVC Azul Irrigação	mat-cons	un.	5	5	37,00	185,00	185,00
3.14	Tubo Agro PN60 Irrigação Dn75 75mm	mat-cons	vara	9	9	109,00	981,00	981,00
3.15	Curva 90°, PVC azul, DN 50 mm	mat-cons	un.	2	2	37,00	74,00	74,00
3.16	Filtro de disco 2", 130 Microns, vazão de 50 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>	mat-cons	un.	1	1	210,00	210,00	210,00
3.17	Niple de 3 pol. irrigação	mat-cons	un.	1	1	32,00	32,00	32,00
3.18	Redução concêntrica 2" para 75mm rosca interna	mat-cons	un.	2	2	59,90	119,80	119,80
3.19	Bucha Adaptador Soldável 75mm X 3"	mat-cons	un.	1	1	19,90	19,90	19,90
3.20	Redução Soldável Irrigação DN75x50mm	mat-cons	un.	4	4	12,23	48,92	48,92
3.21	Registro esfera soldável, DN 50 mm	mat-cons	un.	2	2	180,00	360,00	360,00
3.22	Microtubo Polietileno Automação Irrigação 8mm	mat-cons	m	70	125	1,80	126,00	<b>225,00</b>
3.23	Conector inical p/ de microtubo 8mm	mat-cons	un.	4	4	13,99	55,96	55,96
3.24	Painel Kit Automação Irrig. - 1 controlador + 2 válvulas	equip.	un.	1	1	1.678,00	1.678,00	1.678,00
3.25	Broca serra copo com suporte 16	mat-cons	un.	1	1	60,00	60,00	60,00
3.26	Cabo pp 3x16mm	mat-cons	m	20	20	60,20	1.204,00	1.204,00
3.27	Cola para PVC, 800 g	mat-cons	un.	5	5	40,00	200,00	200,00
3.28	Fita alta fusão 19x10m	mat-cons	un.	1	1	20,00	20,00	20,00
3.29	Fita veda rosca 18x50m	mat-cons	un.	5	5	5,00	25,00	25,00
4.0	SERVIÇOS SISTEMA DE IRRIGAÇÃO						<b>2.782,78</b>	<b>3.282,78</b>
4.1	2% do orçamento para conexões eventuais	serv.	%	1	1	282,78	282,78	282,78
4.2	Elaboração do projeto	serv.	ha	1	1	1.000,00	1.000,00	1.000,00
4.3	Materialização do projeto	serv.	ha	-	-	-	1.500,00	<b>2.000,00</b>
<b>TOTAL</b>							<b>15.605,86</b>	<b>17.025,06</b>

Onde: 1L – uma linha de irrigação; 2L – duas linhas de irrigação; Tipo: equip. – equipamento; mat-cons - material de consumo; serv. - serviços

Fonte: O autor (2023).

Observando os custos dos sistemas de irrigação (Tabela 18), verificamos que o sistema de irrigação 2L chega a ser ~10% mais caro que o sistema de irrigação com 1L, porém, a eficiência com uso da água e custo operacional (consumo de energia) é compensatório, como podemos verificar na Tabela 19.

Tabela 19 - Síntese dos parâmetros de demanda hídrica e consumo de energia (1ha).

Tutor	Linhas	Custo (ha) Implantação	Total água (l)	Total Irrigação (h)	Consumo (kW)	Custo (R\$) #
EST	SIR	59.313,50				
	1L	32.038,50	1.250.636,15	1.056,88	3.957,99	3.912,24
	2L	74.919,36	1.062.506,29	897,89	3.362,60	3.323,73
GLI	SIR	32.038,50				
	1L	47.644,36	964.531,33	815,10	3.052,53	3.017,25
	2L	49.063,56	451.856,12	381,85	1.430,02	1.413,50

EST – estação; GLI – *Gliricídia sepium* L.; SIR – sem irrigação; 1L – uma linha de irrigação; 2L – duas linhas de irrigação

Fonte: ANEEL (2022), # Valor do kWh tarifa verde no período irrigado (R\$ 0,988441).

Tomando-se o cultivo irrigado para 1 ha, o consumo de energia elétrica, tem-se que GLI-2L teve o menor consumo, de ~1.430 kW, enquanto que os sistemas GLI-1L (~3.052 kW) e EST-2L (~3.363 kW) situaram-se em um patamar intermediário para alto de consumo de energia. Enquanto que o tratamento EST-1L (~3.958 kW) foi o que apresentou o maior consumo (Tabela 19).

Adotando-se valores atualizados de custo tarifária de energia, o sistema GLI-2L teve custo de operação de cerca de R\$ 1.413,50 enquanto que os tratamentos (GLI-1L e EST-2L) tiveram um custo de operação entre R\$ 3.017,00 a 3.324,00 reais. Já o sistema EST-1L teve um custo operacional de cerca de R\$ 3.912,00 reais, conforme pode ser verificado na Tabela 19.

Os preços correspondentes de cada componente do custo de produção foram obtidos por meio de levantamento de campo, sendo atualizados pelo Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas (FGV). A partir daí, obteve-se os valores do quanto se economizou com a introdução do tutor vivo de gliricídia comparativamente ao cultivo tradicional (estação tutor morto).

Adotando-se o número de plantas no experimento e corrigindo a demanda hídrica referente ao período (150 dias) tem-se: EST-1L (11,37 litros/planta/dia), EST-2L (9,66 litros/planta/dia); GLI-1L (8,77 litros/planta/dia); GLI-2L (4,11 litros/planta/dia). Deste modo, mesmo ao tratar-se de uma condição consorciada, a demanda hídrica da pimenteira-do-reino, quando cultivada junto a *Gliricídia sepium* foi muito menor. Na condição mais ecoeficiente, foi possível assinalar uma demanda na ordem de 4 litros de água/planta/dia, o que é bastante promissor quando comparado a outras culturas e não somente perenes. Em estudo semelhante, Santos (2022), demonstra que plantas submetidas a tensão de 15 kPa foram submetidas as menores lâminas de água por aplicação, fornecendo 4,3 litros de água planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

Em estudo anterior, Duarte (2004) demonstra que plantas irrigadas apresentam melhor desenvolvimento vegetativo, menor índice de incidência de podridão das

raízes e maior longevidade, reduzindo em 40% as perdas de produção, com recomendação de irrigação por mangueiras, microaspersores ou por gotejamento, fornecendo 2 litros de água planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>.

De acordo com Silva et al. (2010) e Bonomo et al. (2013), o manejo da irrigação é uma técnica muito importante do ponto de vista econômico e ambiental em uma atividade agrícola irrigada, visto que o manejo adequado da irrigação, pode-se economizar água, energia, aumentar a produtividade da cultura e melhorar a qualidade do produto.

Portanto, com resultados obtidos dessa magnitude, é possível inferir sobre a possibilidade da interação de ativos tecnológicos de nutrição e irrigação sob a forma de fertirrigação. O que asseguraria, de modo mais ecoeficiente, a circularidade econômica na cultura da pimenta-do-reino.

### 3.5 Conclusão

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que *Gliricídia sepium* L. proporcionou uma redução na irrigação, sendo que sistemas utilizando duas linhas de irrigação reduzem acentuadamente essa demanda hídrica.

Uma acentuada redução do custo de operação na irrigação foi assinalada no caso de sistemas com *Gliricídia sepium* com duas linhas de irrigação (GLI-2L), representando um custo anual de R\$ 1.413,50 reais, apresentando um valor de R\$ 93,50, ~7% maior que o salário mínimo, vigente em maio de 2023, em um hectare/ano.

Dada a redução de custo de implantação de *Gliricídia sepium* como tutor vivo, esta assegura um montante de recursos financeiros para a adoção de irrigação no cultivo de pimenteira-do-reino.

Mesmo sob condição de consórcio, o cultivo da pimenteira-do-reino quando cultivado em tutor vivo de *Gliricídia sepium*, assinalou uma demanda hídrica na ordem de 4 litros/planta/dia, o que é uma condição bastante promissora para utilização em conjunto de tecnologias ecoeficientes em seu manejo, sendo possível inferir-se sobre a adoção de fertirrigação nessa cultura.

## REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2019. 75 p.
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M., SPAROVEK, G., (2013) **Koppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift. <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. **Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucena leucocephala* em alamedas visando melhoria dos solos dos Tabuleiros Costeiros**. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, p. 1287-1293, 2001.
- BATISTA, Luiz Antônio *et al.*, Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 475-481, 2010.
- BERNARDO, Salassier *et al.*, **Manual de Irrigação**. 9.ed. Viçosa: UFV, 2019, 545p.
- BERNARDI, L. A. **Política de formação de preços: uma abordagem competitiva, sistêmica e integrada**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- BOTH, J. P. C. L., DE MIRANDA RODRIGUES, S., DE LEMOS, O. F., POLTRONIERI, M. C., ARAÚJO, S. M. B., & DE LIMA JUNIOR, J. A. Caracteres morfológicos e de produção dos clones Alencar e Equador de pimenteira-do-reino cultivados em tutor vivo de gliricídia em Tomé Açú, Estado do Pará. Research, **Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e420111436583-e420111436583, 2022.
- BONOMO, Diego Zancanella *et al.* Vegetative development of the Conilon coffee plant submitted to different irrigation depths. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 2, p. 157-169, 2013.
- CARDOSO JÚNIOR, E. Q. *et al.* Métodos de preparo de área sobre algumas características físicas do solo e da produção do maracujazeiro (*Passiflora edulis*) no nordeste do Pará. **Embrapa. Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, ISSN 1517-2228. 2007.
- CARVALHO, J. A. *et al.*, Produção e qualidade de maracujá-amarelo em função da tensão de água no solo. **Engenharia na agricultura**, Viçosa – MG, v.22n3, Maio/Junho. 2014.
- CARVALHO, L. C. C. **Dinâmica de tubos gotejadores sob aplicação de ferro solúvel, sólidos em suspensão e fitoplâncton**. 2009. 155 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CIDADE-BRASIL, 2022. <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-castanhais.html>
- COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L. **Onde Posicionar Sensores de Umidade e de Tensão de Água do Solo Próximo da Planta para um Manejo mais Eficiente da**

**Água de Irrigação.** Cruz das Almas, BA: Embrapa Semiárido, 2015. 6p. il. (Embrapa Semiárido. Circular Técnica 109).

COSTA, Y. K. S. da; *et al.* **Cultivo de pimenta-do-reino. Revista Agronomia Brasileira.** e-ISSN 2594-6781. Volume 4. 2020. Disponível em <http://www.fcav.unesp.br/rab>. Acesso em maio de 2023.

CPT (2009). Treinamento Prático Curricular. **Conheça mais sobre as técnicas de irrigação (10/2009).** Acessado em maio de 2021. <https://www.cptcursospresenciais.com.br/blog/conheca-mais-sobre-as-tecnicas-de-irrigacao/>

DELFINO, G. et al. **Impacto da gliricídia (*Gliricidia sepium*) sob indicadores de qualidade química do solo para uso em sistemas de ILPF (Integração Lavoura-Pecuária-Floresta).** VIII Seminário de Iniciação Científica e Pós-Graduação. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2018.

DUARTE, M. L. R. **Cultivo da Pimenteira-do-reino na Região Norte.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p.185. 2004.

DUARTE, Maria de Lourdes Reis *et al.*, **Pimenta-do-reino.** Brasília: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 82p.

EMBRAPA. Confecção de mapas. Laboratório de sensoriamento remoto da Embrapa Amazônia Oriental. Belém, Pará. 2023.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista brasileira de biometria,** [s.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Date accessed: 10 feb. 2020. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FRANCO, H. H. S. **Abordagem metodológica envolvendo tensiometria e determinação da curva de retenção de água num solo de textura média.** [s.1.] Universidade de São Paulo – Esalq/USP, 2015.

IRRIGA MAIS BRASIL. **Empresa prestadora de serviço de instalação e manutenção de projetos e sistemas de irrigação.** Realização do projeto/croqui e manutenção do sistema de irrigação na unidade experimental, 2023.

LEMOS, O.F. de; BOTH, J.P.C.L. **Qualificação da tecnologia: O cultivo de pimenteira-do-reino em tutor vivo de gliricídia.** Sistema de Gestão das Soluções Tecnológicas da Embrapa (GESTEC). Embrapa, DF. 2022. Acesso em maio de 2023. <https://sistemas.sede.embrapa.br/gestec/paginas/home.xhtml>

LIMA FILHO, Oscar Fontão de *et al.* **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática.** Brasília, DF: Embrapa. 2. ed. rev. atual. V. 1. 586 p. 2023.

LIMA JÚNIOR, J. A. de. **Irrigação por gotejamento na cultura da cenoura: manejo e custos de produção.** 133 p. 2011. Tese (doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2011.

LONG, Melvin. **Irrigação gota a gota.** *Revista Cultivar*. 2015. Acesso em novembro de 2023. <https://revistacultivar.com.br/artigos/irrigacao-gota-a-gota>

MACEDO, A. B. M. *et al.*, **Análise econômica da bananeira ‘Pacovan ken’ em função de diferentes tensões de água no solo.** *Irrigado, Botucatu*, v. 17, n. 3, p. 274 - 283, julho - setembro, 2012.

MACEDO, A. B. M. *et al.*, Desempenho de um sistema de irrigação automatizado através da tensão de água no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.4, nº. 2, p. 78 - 81, 2010.

MANTOVANI, E. C. **Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada.** Viçosa, MG: UFV. 2001.

MARQUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças.** Brasília: Embrapa Hortaliças. Circular técnica, n. 57, 2008. 15p.

MARQUELLI, W.A. *et al.*, Manejo da água de irrigação. *In: SOUSA, V.F. et.al (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.* Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 157-232.

MARQUEZAN, L. H. F.; BRONDANI, G. Análise de investimentos. **Revista eletrônica de contabilidade**, v. 3, n. 1, p. 35-35, 2006.

MENEZES, A. J. E. A.; HOMMA, A. K. O.; ISHISUKA, Y.; KODAMA, N. R.; KODAMA, E. E. **Gliricídia como Tutor Vivo para Pimenteira-do-reino.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2013a. 33p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 393).

MENEZES, A. J. E. A.; HOMMA, A. K. O.; ISHISUKA, Y.; KODAMA, N. R.; KODAMA, E. E. Tutor vivo de gliricídia (*Gliricídia sepium* L.) para pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.): preservando recursos florestais com produção para o Estado do Pará. **Amazônia: Ci & Desenv.**, Belém, v. 8, n. 16, jan./jun. 2013b.

MORAES, J. G. de; SILVA, E. S. A. **Relatório de avaliação dos impactos de soluções tecnológicas geradas pela Embrapa: Solução tecnológica Cultivo da pimenteira-do-reino com tutor vivo de gliricídia.** Embrapa Amazônia Oriental. 28p. Belém, 2023.

MOTTA, R. da R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais.** São Paulo: Editora Atlas, 2.002.

OLIVEIRA, J. A. M.; OLIVEIRA, C. M. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos – MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p. 3021-3027, 2018.

OLIVEIRA, V. H. de; MIRANDA, F. R. de. **Necessidade de irrigação.** Embrapa Agroindústria Tropical. 2021. Disponível em <https://www.embrapa.br/agencia-de->

informacao-tecnologica/cultivos/caju/producao/irrigacao/necessidade-de-irrigacao. Acesso em maio de 2023.

PAVÃO, Eduardo de Moraes. **Produção de pimenta do reino no Estado do Pará: opções para intensificação produtiva e impactos nas emissões de CO<sub>2</sub>**. Dissertação de Mestrado. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo. 75 pag. eq. 2022. Acesso em 10/08/2023. <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/32856>

PEREIRA, M. E. M. *et al.*, Irrigation management influence and fertilizer doses with boron on productive performance of cauliflower. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 5, p. 811-821, 2016

PIVETTA, C. R. **Posição dos gotejadores e cobertura do solo com plástico, crescimento radicular, produtividade e qualidade do melão**. 2010. 94 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

RICHARDS, L. A. A pressure membrane extraction apparatus for soil solution. **Soil Science**, v. 51, p. 377-386, 1941.

ROSA, Ronaldo Macêdo da. Fotógrafo e Técnico da Embrapa Amazônia Oriental. 2021

SAAD, A. M.; LIBARDI, P. L. **Qualidade da irrigação controlada por tensiômetros em pivô central**. Scientia Agrícola, v.51, n. 3, p.549-555, 1994.

SAAD, A. M.; LIBARDI, P. L. **Uso prático do tensiômetro pelo agricultor irrigante**. Publicação IPT, São Paulo, nº 2002, 1992, 27p.

SANTOS, Helane Cristina Aguiar. **Desempenho produtivo de cultivares de pimenta-do-reino sob condições de manejo de irrigação no Nordeste Paraense**. Tese de doutorado. 185p. Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2023.

SARAIVA A. M. CUGNASCA, C. E.; HIRAKAWA, A. R. Aplicação em taxa variável de fertilizantes e sementes. In: BORÉM, A. *et al.* **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000.

SILVA, L., LIMA, L., SOUZA, L., PEREIRA, B., & VIANA, R. **Conjuntura do mercado da pimenta-do-reino no Pará**. In II Congresso Internacional das Ciências Agrárias. 2017. Disponível em <https://encurtador.com.br/jyAP8>. Acesso em fev. 2023.

SILVA, Carlos Davi Santos e *et al.* Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v.23, n. 4, p.7-13, 2010.

SILVA, Maria Ivanísia de Sena da. **Fertirrigação em diferentes ciclos da cultura da bananeira**. 2009.

SOUSA, A. S.; SOUSA, J. R. A. **Balanço hídrico no Estado do Pará. Pará Rural: o veículo do agronegócio paraense**. Belém, v. 2, n. 3, 2011.

SOUZA, R. O. R. M. *et al.*, Avaliação econômica da irrigação em pomares de açaí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. V.7, nº. 1, p. 54 - 65, 2013.

TESTEZLAF, Roberto. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Grupo de Pesquisa Tecnologia de Irrigação e Meio Ambiente. Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP. 2017 Editoração Eletrônica, 215p. Acessado em fevereiro de 2023. [www.feagri.unicamp.br/irrigacao](http://www.feagri.unicamp.br/irrigacao)

VAN GENUCHTEN, M.T. **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:892-898, 1980.

VILAS BOAS, R.C. *et al.*, Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e Agrotecnologia** 35: p. 781-788. 2011.

ZDANOWICZ, José Eduardo. **Fluxo de caixa: uma decisão de planejamento e controle financeiros**. 7. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.

ZONTA, João Henrique *et al.*, **Manejo da irrigação do algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2016. 8p.

### **CAPÍTULO 3 – ESTABELECIMENTO DE JARDIM CLONAL DE GLIRICIDIA EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E ADUBAÇÕES VISANDO A PRODUÇÃO DE ESTACAS DE TUTOR VIVO PARA O CULTIVO DE PIMENTEIRA-DO-REINO.**

#### **RESUMO**

O uso de tutor vivo para o cultivo da pimenteira-do-reino é uma alternativa que contribui para a produção sustentável. Entretanto, é baixa a disponibilidade de estacas vivas de gliricídia, como tutor vivo para pimenteira-do-reino no Estado do Pará devido à carência de informações técnicas sobre o sistema de produção de estacas dessa espécie para este fim. No intuito de estabelecer práticas agrícolas visando a produção de tutor vivo de gliricídia para o cultivo da pimenteira-do-reino foram avaliados os efeitos do (i) arranjo espaçamento e (ii) suplementação nutricional, quanto ao diâmetro da planta-mãe de gliricídia; número e diâmetro de ramos para estacas vivas ao longo de um período de 24 meses. Diferenças significativas entre os arranjos espaciais e níveis de adubação (N, P, K) foram observadas somente nas primeiras avaliações. Ao final do ciclo houve equivalência na produção individual de estacas vivas para tutor, tanto em relação aos arranjos espaciais quanto às suplementações nutricionais. Entretanto, sugere-se o espaçamento 2,0m x 1,5 e a adubação de fundação como as práticas recomendável para a formação de jardim clonal visando a produção de estacas vivas devido ao maior número de estacas obtidas no final do ciclo de cultivo. Palavras-chave: *Gliricidia Sepium*, produção sustentável, estacas vivas.

## ABSTRACT

The use of live stalks for black pepper cultivation is an alternative that contributes to sustainable production. However, the availability of live gliricidia cuttings as a live tutor for black pepper in the State of Pará is low due to the lack of technical information on the cuttings production system of this species for this purpose. In order to establish agricultural practices aimed at producing live gliricidia tutors for black pepper cultivation, the effects of (i) spacing arrangement and (ii) nutritional supplementation were evaluated, regarding the diameter of the gliricidia mother plant; number and diameter of branches for live cuttings over a 24-month period. Significant differences between spatial arrangements and fertilizer levels (N, P, K) were observed only in the first evaluations. At the end of the cycle there was equivalence in the individual production of live cuttings for tutors, both in relation to spatial arrangements and nutritional supplements. However, 2.0m x 1.5m spacing and foundation fertilization are suggested as recommended practices for the formation of a clonal garden aiming at the production of live cuttings due to the greater number of cuttings obtained at the end of the cultivation cycle.

Keywords: *Gliricidia Sepium*, sustainable production, live cuttings.

## 4.1 Introdução

Originada na Índia, a pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.) é uma planta trepadeira, semi-perene, que caracteriza-se por apresentar frutos com elevado teor de alcalóides que conferem uma pungência característica e dão à cultura o destaque como uma das especiarias mais importantes do mundo, utilizada na produção de temperos e embutidos, sendo muito valorizada na gastronomia mundial, além de também ser utilizados na composição de perfumes, remédios e inseticidas (Pereira *et al.*, 2014; Andrade *et al.*, 2017).

No Estado do Pará, a pimenteira-do-reino é cultivada desde a década de 1950, as condições edafoclimáticas da região favoreceram o cultivo, além de ser uma atividade fonte geradora de renda, empregos e de grande relevância econômica da agricultura paraense (Filgueiras *et al.*, 2009).

Segundo dados do IBGE, no Pará, a produção de pimenta-do-reino em 2021 foi de 35.460 toneladas, correspondendo a 30% da produção nacional (IBGE, 2022). Essa produção, mesmo que expressiva, foi resultado do aumento de áreas plantadas e não da produtividade nos plantios, o que condicionou que a região perdesse o lugar de maior produtora nacional para o Estado do Espírito Santo.

A pimenteira-do-reino tem um sistema de plantio vertical e por ser uma planta trepadeira, precisa de um apoio. Esse apoio é gerado por um tutor para conduzir e direcionar seu crescimento, sendo utilizados tutores de madeira (tutor morto), como acapú (*Vouacapoua americana*), maçaranduba (*Manilkara huberi*), jarana (*Holopyxidium jarana*), aquariquara (*Minquartia guianensis*) e sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess) (Ishizuka *et al.*, 2004).

Contudo, a escassez dessas espécies madeireiras, provocada pela exploração desordenada e as exigências da legislação ambiental brasileira, trouxe dificuldades na obtenção dessas estacas (tutores), que passaram a tornar-se mais caros, aumentando seus custos de produção. Dessa forma, foi estabelecido o uso do tutor vivo de gliricídia (*Gliricidia sepium* L.) para o cultivo da pimenteira-do-reino, sendo uma alternativa aos produtores (Ishizuka *et al.*, 2004; Moraes *et al.*, 2018). A gliricídia destacou-se por proporcionar uma tecnologia ecológica, contribuir para redução dos custos de produção com impacto positivo econômico e inclusão social do produtor (Ishizuka *et al.*, 2004).

A gliricídia é uma árvore leguminosa que também se propaga por estaca, e pode ser utilizada como adubo verde, na alimentação animal e atualmente como alternativa sustentável para a produção da pimenta-do-reino, pois além de diminuir os custos de produção, promove conforto térmico, longevidade aos pimentais, gerando aumento de renda, inclusive pela comercialização de estacas de tutor vivo de gliricídias (Menezes *et al.*, 2013; Moraes *et al.*, 2018).

Considerando as vantagens para a utilização desse tutor, há uma sinalização de expansão do uso pelos agricultores no sistema de produção, entretanto ainda carece de informações quanto aos caracteres morfológicas e de produção das plantas, respectivamente de crescimento e produção das cultivares e clones disponíveis de pimenteira-do-reino em estacas vivas de gliricídia (Both *et al.*, 2022). Devido às vantagens, a demanda por esse tipo de tutor aumentou significativamente no Estado do Pará, sobretudo na região bragantina, sobrepondo-se à oferta.

Diante desse panorama, os produtores têm encontrado dificuldades para adquirir as estacas de gliricídias no mercado, limitando assim, a adoção da técnica nos cultivos. A solução é a implantação de jardins clonais para a rápida multiplicação dessas estacas vivas a partir do estabelecimento de um sistema de produção eficiente. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar práticas agrícolas quanto ao arranjo espacial (espaçamento) e a adubação eficientes para a formação de jardim clonal de gliricídia para a produção de estacas vivas para o cultivo da pimenteira-do-reino.

## **4.2 Material e métodos**

O experimento foi instalado no município de Castanhal, Estado do Pará, situada a 40m de altitude com coordenadas geográficas de 01° 17' 50" Sul e 47° 55' 20" Oeste. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo Af, com precipitação média anual de 2.432 mm e temperatura média anual de 26,5°C.

O solo da região consiste em um Argissolo Amarelo Distrófico de textura arenosa/média, havendo também a predominância de vegetação secundária (capoeira), resultante da ação antrópica (Cardoso Júnior *et al.*, 2007). Para adequada realização da correção e adubação do solo foram retiradas amostras do solo a uma profundidade de 0 a 20cm e 20 a 40cm, posteriormente enviadas ao laboratório para

a determinação das características químicas e físicas do solo. Os resultados da análise estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Resultados da análise química e granulométrica do solo da área experimental localizada em Castanhal-PA.

Classe	Variável	Unidade	Profundidade	
			0-20cm	20-40cm
Química	MO	g kg <sup>-3</sup>	7,44	2,07
	N	%	0,06	0,03
	P	mg dm <sup>-3</sup>	9	12
	K	mg dm <sup>-3</sup>	12	6
	Na	mg dm <sup>-3</sup>	3	2
	AL	cmolc dm <sup>-3</sup>	1,24	0,97
	Ca	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,38	0,27
	Ca+Mg	cmolc dm <sup>-3</sup>	0,68	0,47
	pH		4,16	4,39
	H + Al	cmolc dm <sup>-3</sup>	6,06	5,12
CTC	Total	cmolc dm <sup>-3</sup>	6,79	5,62
	Efetiva	cmolc dm <sup>-3</sup>	1,97	1,46
Saturação	Base	V%	10,69	8,76
	Al	m%	63,09	66,34
Granulometria	Areia grossa	g kg <sup>-3</sup>	291	166
	Areia fina	g kg <sup>-3</sup>	442	539
	Silte	g kg <sup>-3</sup>	127	135
	Argila	g kg <sup>-3</sup>	140	160

Fonte: Laboratório de Solos, EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém-PA (2022).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados 2x4x4, sendo dois espaçamentos, quatro doses de nitrogênio, quatro doses de fósforo e quatro doses de potássio com três repetições. Os espaçamentos constituíram de 2,0m x 1,5m e 2,0m x 2,0m, as doses de nutrientes foram 12,5; 25; 50 e 75g de N para o primeiro ano e 0; 60; 120 e 180g de N para o segundo ano. As doses de fósforo foram 10; 20; 40 e 60g e 0; 40; 80; 120g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para o primeiro e o segundo ano, respectivamente. Já as doses de potássio foram 10; 20; 40 e 60g e 0; 70; 140; 210g de K<sub>2</sub>O para o primeiro e segundo ano, respectivamente.

Foram utilizadas estacas com altura padrão de 1,60m, plantadas à profundidade de 0,60m abaixo do solo, com diâmetro mínimo de 5cm, com corte reto na sua base e corte em bisel no seu ápice. O plantio do jardim clonal ocorreu entre os dias 2 e 5 de dezembro de 2019, compreendendo na região, o início do período chuvoso.

Para avaliar o efeito do espaçamento e das doses de adubos sobre o desenvolvimento da gliricídia foram avaliados: o número de brotos (NB) e circunferência dos brotos (CB). A coleta de dados foi realizada após 60 dias do plantio, sendo nos meses de março, maio, junho, agosto e dezembro de 2020, continuando nos meses de janeiro, abril e novembro de 2021. Para a determinação dos diâmetros das estacas (DAP) foi utilizado o paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

Diante da necessidade de produção de estacas de tutor vivo de gliricídia, as desramas foram conduzidas no experimento da seguinte forma:

Primeira desrama efetuada a partir do 4º mês após plantio, com objetivo de retirada de brotos laterais e nos 2/3 restantes do caule abaixo da copa. Nesse manejo, preconizou-se deixar todos os ramos retos e que estejam ligados diretamente com o caule e ao seu redor.

Segunda desrama efetuado no 9º mês após o plantio, objetivando uma retirada maior de ramos/galhos que não estejam com boa formação, caídos ou quebrados, assim como bifurcações em excesso. Nesse momento, o manejo preconizou o controle de número de ramos, deixando de 4 a 6 ramos por planta matriz. Às desramas seguem as avaliações e medições de número de brotos (NB), circunferência dos brotos (CB) e o diâmetro das estacas (DAP).

A partir do 16º mês foi realizada nova desrama das brotações laterais nos 2/3 inferiores do caule abaixo da copa, evitando formação de galhos em excesso para manejo e controle populacional de ramos.

O corte das estacas para o uso como tutor vivo se deu no 24º mês após o plantio, tendo como base as medições recomendadas por Menezes *et al.* (2013), cujo diâmetro mínimo foi de 5 cm.

#### **4.2.1 Modelo estatístico**

Para análise dos dados adotou-se o modelo linear geral (GLM), sendo considerado o seguinte modelo de análise (1). Considerou-se o número de ramos em cada uma das avaliações como aferidor, bem como o número máximo de ramos observado em cada planta. O modelo foi testado via F, sendo adotado o nível de significância de 5% ( $\alpha=0,05$ ). As análises foram conduzidas com auxílio do pacote R (R Core Team, 2022).

$$Y = \mu + BLO + \alpha_i + \beta_j + (\alpha * \beta)_{ij} + \epsilon_{ijkl} \quad (1)$$

$\mu$  – constante associada a todas as observações, tomada como média geral; Blo – blocos;  $\alpha_i$  – efeito do espaçamento;  $\beta_j$  – efeito da adubações nitrogenada, fosfatada e potássica;  $(\alpha * \beta)_{ij}$  – interação entre os efeitos espaçamento e adubações;  $\epsilon_{ijkl}$  - erro

#### 4.4 Resultados e discussão

Na condução do experimento, as plantas de gliricídias receberam o manejo de desrama para controle e condução de brotações e ramos com desenvolvimento desejáveis, caracterizado por crescimento reto, com no máximo uma bifurcação, diâmetro igual ou superior a 5cm, e com pelos ao menos 5 ramos/estacas aproveitáveis por planta matriz.

A adubação nitrogenada e o espaçamento, assim como sua interação promoveram respostas significativas quanto ao número de ramos emitidos 3 meses após o plantio. Por conseguinte, após 5 a 7 meses destacou-se o efeito do nitrogênio e aos 9 meses somente o efeito do espaçamento. Por outro lado, após a desrama ocorrida 9 meses após o plantio, na qual foram retirados ramos mal formados e fora do padrão estabelecido - ramos retos e com no máximo uma bifurcação - a adubação e arranjo espacial não influenciaram no desenvolvimento dos ramos (Tabela 21 - Quadro de ANOVA [EQM] para o modelo adotado sobre o número de estacas ao longo da série de observações e número máximo de ramos observado na série.).

As adubações fosfatada e potássica, o espaçamento e suas interações promoveram o desenvolvimento de número de ramos diferentes significativamente na 1ª avaliação aos 3 meses. Foi observado ainda aos 9 meses o efeito de fósforo e a interação com o espaçamento, mas mesmo antes da 2ª desrama, o desenvolvimento de brotos/ramos não fora influenciado pelos tratamentos. De forma geral, o número máximo de ramos não foi influenciado por qualquer um dos efeitos analisados.

Ressalte-se que nos primeiros meses tanto o N quanto o P tiveram efeitos significativos, pois o nitrogênio é fundamental para a formação de biomassa e o fósforo um relevante papel no enraizamento das estacas. Tal efeito diferenciado não foi observado para o potássio que tem papel relevante na produção.

Tabela 21 - Quadro de ANOVA [EQM] para o modelo adotado sobre o número de estacas ao longo da série de observações e número máximo de ramos observado na série.

Efeito	g.l.	Avaliações (meses após plantio)														Número máximo			
		03m	05m	07m	09m	12m	14m	17m	24m										
Bloco	2	77,79	n.s.	64,76	n.s.	38,34	n.s.	108,14	n.s.	31,32	n.s.	16,63	n.s.	10,72	n.s.	0,20	n.s.	85,03	n.s.
E	1	114,84	**	0,84	n.s.	3,76	n.s.	352,67	**	57,04	n.s.	26,04	n.s.	0,26	n.s.	0,51	n.s.	187,04	n.s.
N N	3	145,57	**	83,87	**	53,09	**	60,69	n.s.	3,01	n.s.	5,24	n.s.	3,73	n.s.	2,65	n.s.	36,97	n.s.
N*E	3	60,62	**	21,54	n.s.	17,09	n.s.	10,81	n.s.	5,01	n.s.	5,07	n.s.	4,68	n.s.	0,20	n.s.	25,29	n.s.
Erro	86	18,87		10,35		10,58		36,95		10,44		7,12		3,02		1,84		27,86	
Bloco	2	4,82	n.s.	7,72	n.s.	31,07	n.s.	4,16	n.s.	32,00	n.s.	6,70	n.s.	11,79	n.s.	2,95	n.s.	11,07	n.s.
E	1	147,51	**	21,09	n.s.	140,17	n.s.	0,04	n.s.	24,00	n.s.	0,09	n.s.	1,50	n.s.	15,04	n.s.	0,26	n.s.
P P	3	64,40	**	9,82	n.s.	11,71	**	6,85	n.s.	10,40	n.s.	4,37	n.s.	5,19	n.s.	0,46	n.s.	5,20	n.s.
P*E	3	147,51	**	21,09	n.s.	140,17	**	0,04	n.s.	24,00	n.s.	0,09	n.s.	1,50	n.s.	15,04	n.s.	0,26	n.s.
Erro	86	24,14		12,46	n.s.	8,48		34,87		14,39		5,37		3,67		1,44		25,10	
Bloco	2	23,51	n.s.	28,90	n.s.	34,29	n.s.	11,39	n.s.	13,95	n.s.	5,70	n.s.	10,95	n.s.	0,22	n.s.	14,81	n.s.
E	1	55,51	n.s.	61,09	n.s.	66,67	n.s.	96,00	n.s.	52,51	n.s.	10,67	n.s.	3,38	n.s.	1,04	n.s.	24,43	n.s.
K K	3	24,79	n.s.	20,41	n.s.	16,03	n.s.	15,64	n.s.	20,01	n.s.	2,72	n.s.	4,71	n.s.	0,07	n.s.	26,39	n.s.
K*E	3	42,82	n.s.	26,59	n.s.	10,36	n.s.	3,92	n.s.	5,54	n.s.	4,17	n.s.	2,49	n.s.	0,79	n.s.	51,66	n.s.
Erro	86	26,14		18,04		9,95		26,32		18,19		7,22		4,71		1,59		22,15	

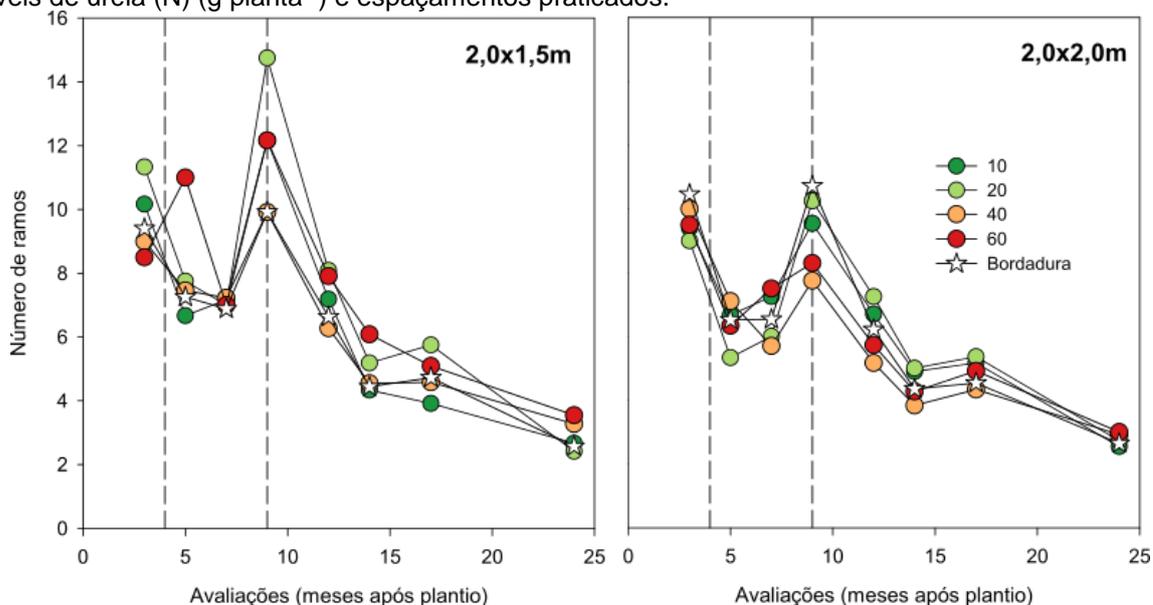
E – espaçamento; N – Nitrogênio; P – Fósforo; K – Potássio; {N, P, K}\*E – as respectivas interações {nitrogênio, fósforo, potássio} e espaçamento; n.s. – não significativo; \* - significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* - altamente significativo ( $p < 0,01$ ).

Fonte: O autor (2023).

A adubação potássica não teve efeito significativo na promoção e desenvolvimento dos brotos/ramos (ANOVA, Tabela 22).

Ressalte-se que a adubação nitrogenada nas menores concentrações promoveu maiores números de ramos no menor espaçamento 2,0 x 1,5m em contraste com o espaçamento 2,0 x 2,0m, no qual os maiores números de ramos foram obtidos nas maiores concentrações de adubação nitrogenada (Figura 23). Entretanto, no 5º e 7º mês, os maiores números de ramos foram desenvolvidos nas maiores concentrações de adubação nitrogenada. Por outro lado, no 9º mês, houve uma diferença significativa no espaçamento 2,0 x 1,5m no qual um maior número de ramos foi observado (Figura 23).

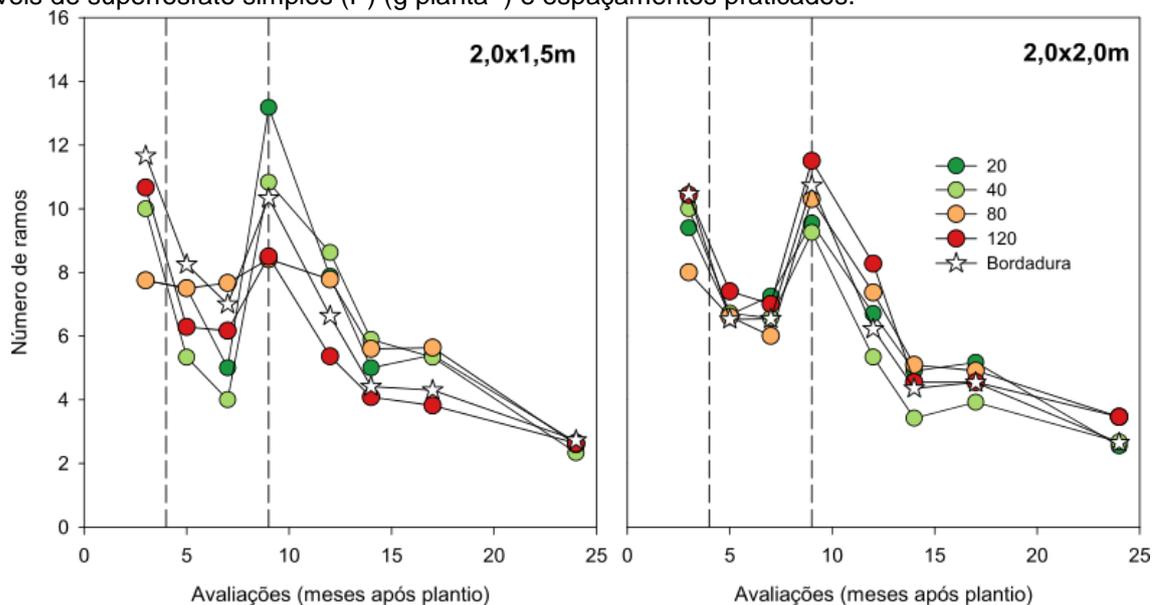
Figura 23 - Valores médios de número de ramos, ao longo da série de observações, em função dos níveis de uréia (N) ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e espaçamentos praticados.



Fonte: O autor (2023).

Nas dosagens da adubação fosfatada, no 3º mês foi possível observar um maior número de ramos nas maiores concentrações, em ambos os espaçamentos. Enquanto no 7º mês foi observada uma diferença quanto os números de ramos no espaçamento 2,0 x 2,0m (Figura 24).

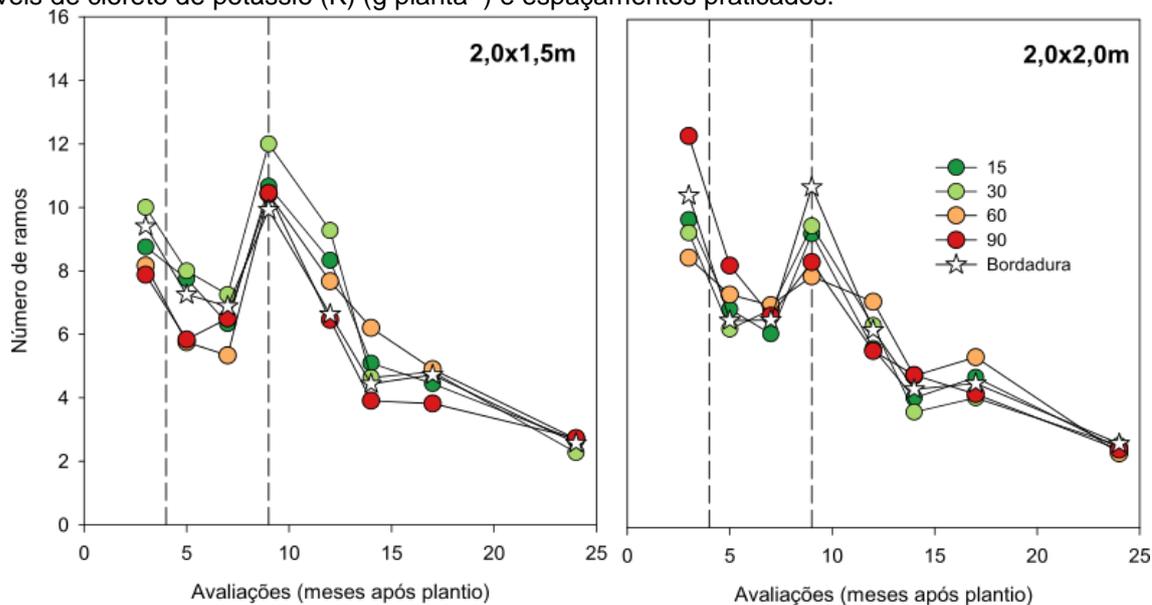
Figura 24 - Valores médios de número de ramos, ao longo da série de observações, em função dos níveis de superfosfato simples (P) ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e espaçamentos praticados.



Fonte: O autor (2023).

A adubação potássica não influenciou no desenvolvimento de ramos quanto às doses utilizadas, pois independente da dose e a interação com o espaçamento, a diferença quanto ao número de ramos não foi significativa ao longo do tempo de avaliação até 24 meses (Figura 25).

Figura 25 - Valores médios de número de ramos, ao longo da série de observações, em função dos níveis de cloreto de potássio (K) ( $\text{g planta}^{-1}$ ) e espaçamentos praticados.

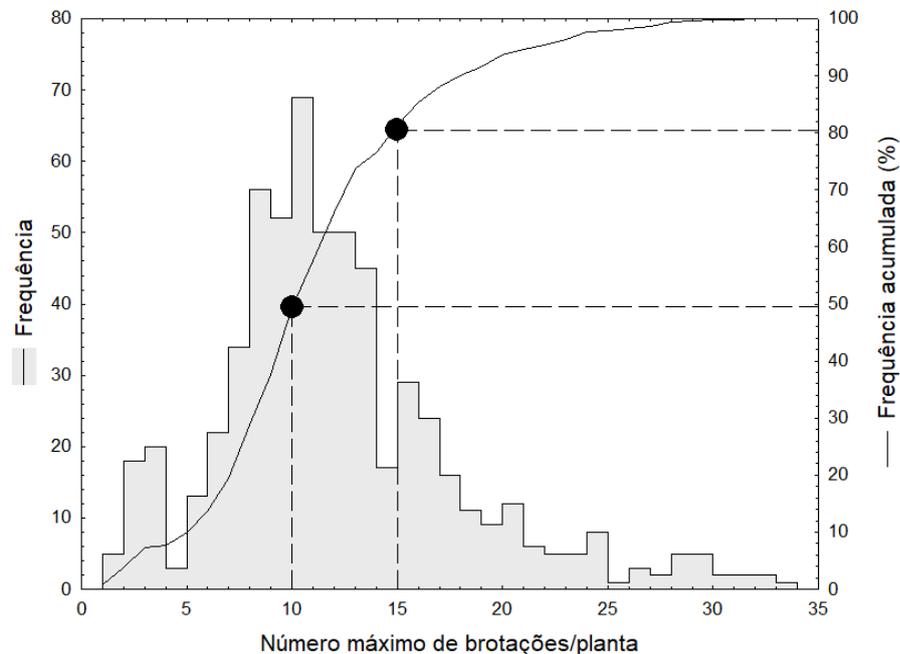


Fonte: O autor (2023).

O número máximo de ramos passíveis de serem usados como estacas vivas para o cultivo da pimenteira-do-reino ao final do tempo de avaliação de 24 meses, não foi influenciado tanto pelas doses de N P K e o arranjo espacial de acordo com o modelo de análise, entretanto foi possível observar diferenças ao longo do tempo de avaliação (Figura 26).

Globalmente, há desenvolvimento de ramos numa faixa de 10 a 15 ramos entre 50% e 80% das plantas matrizes (Figura 26). Entretanto, parte desses foram retirados, “ramos-ladrão” ou mal formados e com baixo potencial para o desenvolvimento de uma estaca viva para o cultivo da pimenteira-do-reino, com as desramas e visando favorecer o desenvolvimento de ramos mais vigorosos, que são os desejáveis para o uso como tutor vivo no sistema de produção da pimenta-do-reino. Deste modo, a severidade da desrama é uma prática silvicultural importante para o estabelecimento de jardins clonais de *Gliricidia Sepium* e enriquecimento do solo com a biomassa produzida.

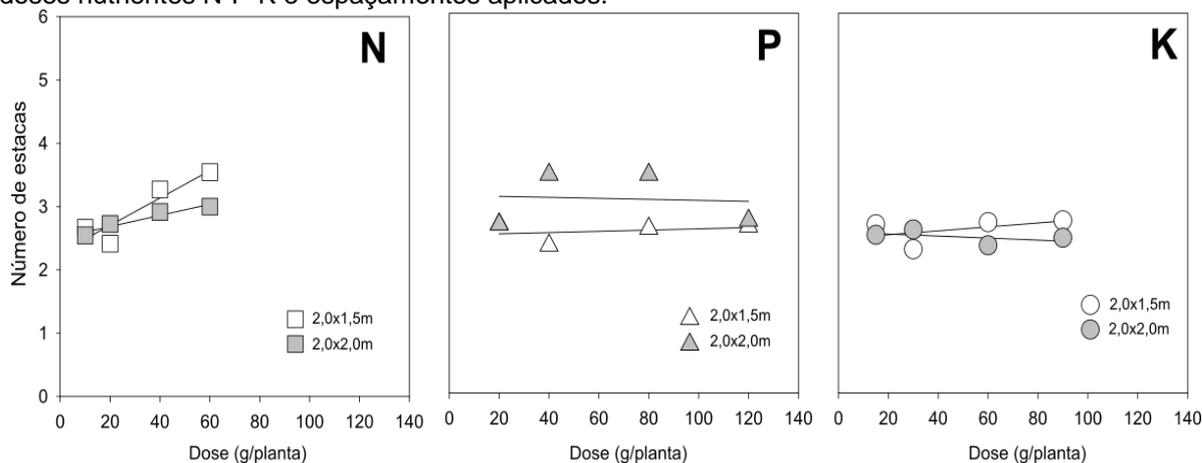
Figura 26 - Frequência do número máximo de ramos assinalados em cada planta observada ao longo da série.



Fonte: O autor (2023).

As diferenças significativas quanto ao número de brotos/ramos desenvolvidos foram assinaladas até a 2ª desrama, aos nove meses, para a aplicação de N e de P. A aplicação de K não indicou nenhum efeito, mesmo sob a condição de interação com o espaçamento (ANOVA Tabela 21 e Figura 27).

Figura 27 - Valores médios de número de estacas, no final das observações (24 meses) em função das doses nutrientes N-P-K e espaçamentos aplicados.



Fonte: O autor (2023).

Para entendermos melhor a desrama, primeiramente é importante diferenciá-la de desbaste. De acordo com Alves (2019), desrama é o mesmo que poda, ou seja, o corte dos ramos. A diferença em relação ao desbaste é que este corta toda a estrutura vegetal, a extirpando do local em que se encontra para privilegiar uma espécie. A desrama ou poda consiste na retirada dos brotos que são emitidos ao longo do caule da planta matriz, preservando a planta-mãe e proporcionando condições mais favoráveis aos ramos selecionados que permanecem em desenvolvimento ao longo do tempo para formação de estacas vivas com o tamanho e diâmetros adequados para serem utilizados como tutores da pimenteira-do-reino.

A *Gliricidia Sepium* se destaca por apresentar um rápido crescimento, alta capacidade de regeneração, resistência à seca e facilidade em propagar-se (Drumond; Carvalho Filho, 1999).

Existem dois tipos de desrama, quais sejam: (a) desrama natural - que é o processo de eliminação dos galhos por agentes físicos e biológicos do meio e (b) desrama artificial - que é aquela feita manualmente, com auxílio de instrumentos de corte, geralmente antecipando ou acelerando o trabalho de desrama natural (Alves, 2019).

Nas espécies florestais, o objetivo da desrama é produzir madeira de melhor qualidade, livre de nós, facilitar o acesso às marcações de desbaste, reduzir os riscos de danos causados pelo fogo e diminuir os custos de exploração (Schneider, 1993). A desrama constitui-se num dos meios mais importantes para valorizar a produção florestal, não existindo outro método, seja biológico ou genético, onde técnicas silviculturais sejam capazes de alcançar o mesmo êxito no aumento do valor comercial e da qualidade da madeira (Knigge & Olischager, 1970).

De acordo com Kramer & Kozlowski (1972), o corte dos ramos vivos reduz a superfície fotossintética, embora reduza também a de respiração. A retirada dos ramos inferiores, que consomem muito produto fotossintético na respiração e pouco contribuem na fotossíntese, permite um ganho na relação produção e consumo de assimilados.

A desrama da gliricídia tem como propósito proporcionar aos ramos remanescentes, maior desenvolvimento tanto em comprimento quanto em diâmetro, e assim quando forem cortados estejam aptos ao uso como tutor vivo para o cultivo da pimenteira-do-reino

#### **4.5 Conclusão**

A *Gliricidia Sepium* apresenta uma produção satisfatória de estacas vivas para o cultivo da pimenteira-do-reino nos arranjos espaciais testadas sem influência significativa das dosagens de adubações nitrogenada, fosfatada ou potássica ao final de 24 meses quando do primeiro corte de estacas como tutor vivo da pimenteira-do-reino com diâmetro acima de 5cm.

Sugere-se o espaçamento mais adensado (2,0m x 1,5m) por proporcionar um maior número de estacas por stand, proporcionando menor custo e maior número de estacas a serem utilizadas como tutor vivo para o cultivo de pimenteira-do-reino.

A desrama artificial severa, aplicada no 9º mês, possibilita a produção de estacas vigorosas, 3 a 4 estacas, e deve ser uma prática cultural para reduzir o elevado número de brotações, 10 a 15 brotações, e a competição entre elas, para favorecer o desenvolvimento dos ramos remanescentes.

Recomenda-se a formação de jardim clonal de gliricídia para a produção de estacas vivas para o cultivo da pimenteira-do-reino no arranjo espacial de 2,0m x 1,5m e sem adição de adubos no cultivo.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M. **Desbaste: o significado e a sua influência no plantio**. Agro 2.0 em <https://agro20.com.br/desbaste/#qual-diferenca-entre-desrama-desbaste>. 2019. Em: 5 fev. 2023.
- ANDRADE, C. G. C.; SILVA, M. L.; SALLES, T. T. **Fatores Impactantes no Valor Bruto da Produção de Pimenta-do-reino (*Piper nigrum L.*) no Pará**. Floresta e Ambiente. [online]. v. 24, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.145615>.
- BOTH, J. P. C. L., DE MIRANDA RODRIGUES, S., DE LEMOS, O. F., POLTRONIERI, M. C., ARAÚJO, S. M. B., & DE LIMA JUNIOR, J. A. Caracteres morfológicos e de produção dos clones Alencar e Equador de pimenteira-do-reino cultivados em tutor vivo de gliricídia em Tomé Açú, Estado do Pará. Research, **Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e420111436583-e420111436583, 2022.
- CARDOSO JÚNIOR, E. Q. *et al.* **Métodos de preparo de área sobre algumas características físicas do solo e da produção do maracujazeiro (*Passiflora edulis*) no nordeste do Pará**. Embrapa. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, ISSN 1517-2228. 2007.
- FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O.; SANTOS, M. A. S. Conjuntura do mercado da pimenta-do-reino no Brasil e no mundo. In: **Workshop da pimenta-do-reino no Pará**. Belém, PA. Situação atual e alternativa para a produção sustentável. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. Disponível em: Acesso em: 19 de fev. 2022.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Produção agrícola: Lavoura permanente**. Rio de Janeiro: 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0/>
- ISHIZUKA, Y., KATO, A. K., CONCEIÇÃO, H. E. O., & DUARTE, M. L. R. (2004). **Sistema de cultivo sombreado**. In: Duarte, M. L. R. Cultivo da pimenteira-do-reino na Região Norte. Belém, PA. *Embrapa*, Embrapa Amazônia Oriental, (Embrapa Amazônia Oriental. Sistemas de produção), 2004.
- KNIGGE, W. & OLISCHLAGER, K. **Möglichkeiten der Grünastung der Fichte**. Holz-Zbl. v.96, p.1497-1500. 1970.
- KRAMER, J. P. & KOSWLOSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1972. 745p.
- MENEZES, A. J. E. A.; HOMMA, A. K. O.; ISHIZUKA, Y.; KODAMA, N. R.; KODAMA, E. E. **Gliricídia como tutor vivo para pimenteira-do-reino**. Embrapa Amazônia Oriental, 2013a. 33p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 393).
- MORAES, A. J. G.; SILVA, E. S. A.; ALMEIDA, E. N.; MENEZES, A. J. E. A. **Evaluation of the economic, social and environmental impacts of peppermint cultivation with live glyceride tutor in the state of Pará**. Brazilian Journal of Development ., Curitiba, v. 4, n. 7, Edição Especial, p. 3696-3715, nov. 2018.

PEREIRA LOURINHO, M.; COSTA, C. A. S.; SOUZA, L. C.; SOUZA, L. C.; OLIVEIRA, C. F. **Conjuntura da pimenta-do-reino no mercado nacional e na região Norte do Brasil**. Enciclopédia Biosfera, v.10, n.18, p.1016-1031, 2014.

R Core Team (2022). R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 30 jan. 2022.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: CEPEF/FATEC/UFSM, 1993. 348P.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação ao aspecto nutricional (N, P e K) para o cultivo de pimenteira-do-reino, foi referendada a indicação recomendada na literatura proposto por Brasil et al. (2020), de 60g de uréia, 40g de 40g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 70g de K<sub>2</sub>O por planta, entretanto diferenças genotípicas foram muito evidentes.

Uma partição entre os genótipos e tipos de tutores com relação ao ciclo de maturação dos frutos foi verificada, estabelecendo genótipos de ciclo tardio e intermediários estritos ou parcelados.

Modo geral, o efeito do tutor de *Gliricidia sepium* foi positivo com relação a qualidade das pimentas, usando-se as classes de exportação adotadas no Brasil. Também relacionado a qualidade da pimenta-do-reino, a associação com tutor de *Gliricidia sepium* apresentou incremento, em especial nos teores de piperina na quase totalidade dos genótipos.

A demanda por irrigação foi menor quando o sistema de cultivo utiliza *Gliricidia sepium* em pelo menos duas linhas de irrigação (GLI-2L). A economia quando da implantação de *Gliricidia sepium per si*, já assegura a instalação de irrigação e graças a este tutor tem-se redução do consumo de energia.

A propagação de *Gliricidia sepium*, não assinalou dependência de suplementação nutricional. E com relação a seu espaço vital, maiores quantidades de estacas foram observadas em espaçamentos menores.

Amparado nos critérios de qualidade da pimenta produzida, redução de custos de implantação, oportunidade da adoção de irrigação, redução dos custos de manutenção e mesmo ao considerar-se a redução de produtividade no primeiro ciclo de colheita, o uso de *Gliricidia sepium* como tutor de pimenta-do-reino é fortemente recomendável.

## REFERÊNCIAS GERAIS

- ALBUQUERQUE, F. C. de; CONDURÚ, J. M. P. **Cultura da Pimenta-do-reino na Região Amazônica**. Belém, PA: IPEAN, 1971. 149 p. (IPEAN. Fitotecnia, v. 2, n. 3).
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M., SPAROVEK, G., (2013) **Koppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift. <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ALVES, M. **Desbaste: o significado e a sua influência no plantio**. Agro 2.0 em <https://agro20.com.br/desbaste/#qual-diferenca-entre-desrama-desbaste>. 2019. Em: 5 feb. 2023.
- ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2019. 75 p.
- ANDRADE, C. G. C.; SILVA, M. L.; SALLES, T. T. Fatores Impactantes no Valor Bruto da Produção de Pimenta-do-reino (*Piper nigrum L.*) no Pará. **Floresta e Ambiente**. [online]. v. 24, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.145615>.
- BARRETO, A C; FERNANDES, M F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1287-1293, 2001.
- BATISTA, Luiz Antônio *et al.*, Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 475-481, 2010.
- BERNARDI, L. A. **Política de formação de preços: uma abordagem competitiva, sistêmica e integrada**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- BERNARDO, Salassier *et al.*, **Manual de Irrigação**. 9.ed. Viçosa: UFV, 2019, 545p.
- BOTH, J. P. C. L., DE MIRANDA RODRIGUES, S., DE LEMOS, O. F., POLTRONIERI, M. C., ARAÚJO, S. M. B., & DE LIMA JUNIOR, J. A. Caracteres morfológicos e de produção dos clones Alencar e Equador de pimenteira-do-reino cultivados em tutor vivo de gliricídia em Tomé Açú, Estado do Pará. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e420111436583-e420111436583, 2022.
- BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S.; VIEGAS, I. de J. M. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Pará**. 2a ed. – Brasília, DF: Embrapa, 2020. 419 p.
- BUENO, A.M.C.; TORRES, D.A.P. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 e bioeconomia: oportunidades e potencialidades para atuação da Embrapa**. Brasília, DF : Embrapa, 2022. 103 P.
- CAMPOS, M. V. A., HOMMA, A. K. O., DE MENEZES, A. J. E. A., FILGUEIRAS, G. C., & MARTINS, W. B. R. Dinâmica dos sistemas agroflorestais com as sinergias socioeconômicas e ambientais: caso dos cooperados nipo-paraenses da cooperativa

agrícola mista de Tomé-Açu, Pará. **Research, Society and Development**, 2022, v. 11, n. 1, p. e22811121000-e22811121000, 2022.

CARDOSO JÚNIOR, E. Q. *et al.* Métodos de preparo de área sobre algumas características físicas do solo e da produção do maracujazeiro (*Passiflora edulis*) no nordeste do Pará. **Embrapa. Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, ISSN 1517-2228. 2007.

CARVALHO, J. A. *et al.*, Produção e qualidade de maracujá-amarelo em função da tensão de água no solo. **Engenharia na agricultura**, Viçosa – MG, v.22n3, Maio/Junho. 2014.

CARVALHO, L. C. C. **Dinâmica de tubos gotejadores sob aplicação de ferro solúvel, sólidos em suspensão e fitoplâncton**. 2009. 155 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CHIBA, M., & TERADA, S. (1976). On the Optimum Amount of Fertilizer Based upon the Amount of Nutrients Absorbed by pepper Plant in Amazonia Region. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, 20(1), 14-21. <https://doi.org/10.11248/jsta1957.20.14>

CIDADE-BRASIL, 2022. <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-castanhal.html>

COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L. **Onde Posicionar Sensores de Umidade e de Tensão de Água do Solo Próximo da Planta para um Manejo mais Eficiente da Água de Irrigação**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Semiárido, 2015. 6p. il. (Embrapa Semiárido. Circular Técnica 109).

COSTA, Y. K. S. da; *et al.* **Cultivo de pimenta-do-reino. Revista Agronomia Brasileira**. e-ISSN 2594-6781. Volume 4. 2020. Disponível em <http://www.fcav.unesp.br/rab>. Acesso em maio de 2023.

CPT (2009). Treinamento Prático Curricular. **Conheça mais sobre as técnicas de irrigação (10/2009)**. Acessado em maio de 2021. <https://www.cptcursospresenciais.com.br/blog/conheca-mais-sobre-as-tecnicas-de-irrigacao/>

CROPLIFE BRASIL (CLB, 2022). **Inovação coloca agricultura brasileira no caminho dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. <https://croplifebrasil.org/noticias/inovacao-na-agricultura-e-ods/05/10/2022>. Acesso em maio de 2023.

D'ADDAZIO, Verônica. Crescimento micelial de *Fusarium solani* f. sp. *piperis* e respostas de cultivares de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) ao estresse abiótico e biótico: biometria, fotossíntese, resistência e avaliação de produtos alternativos de controle da fusariose. **Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo**. Vitória, ES. 2017.

DA SILVA, A. F., DE CARVALHO, M. A. C, SCHONINGER, E. L., MONTEIRO, S., CAIONE, G., SANTOS, P. A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, **27(3)**. 2011 <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/8067>

DALAZEN JR, GONTIJO I, PAYE HDS, VALANI GP, TOMAZ MA, PARTELLI FL Macronutrient dynamics in leaves and bunches of black pepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, **55**. 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01780>

DANTAS, R.C.R. **Comportamento fisiológico e agrônômico de plantas de pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) cultivadas em gliricídia (*Gliricídia sepium* L.) sob doses de NPK**. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pa. 181 p. 2022.

DANTAS, R.C.R., PINHEIRO, H.A., BRASIL, E.C., DE LEMOS, O.F., BOTH, J.P.C.L., BOTELHO, S.M., e DE LIMA JUNIOR, J.A. **Nitrogen effects on leaf gas exchange, vegetative growth and yield of black pepper plants using *Gliricídia sepium* as living support**. African Journal of Agricultural Research, 19(2), 139-150. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJAR2022.16207>

DASGUPTA, A.; DATTA, P.C. **Medicinal species of Piper, pharmacognostic delimitation**. Quarterly Journal of Crude Drug Research, v. 18, n. 1, p. 17-25, 1980.

DESER. Departamento de estudos socioeconômicos rurais da Secretaria de Agricultura Familiar/MDA. **A cadeia produtiva da pimenta**. Curitiba, Paraná, 2008.

DINESH R, SRINIVASAN V, HAMZA S, PARTHASARATHY, V A, & AIPE K C. Physico-chemical, biochemical and microbial properties of the rhizospheric soils of tree species used as supports for black pepper cultivation in the humid tropics. **Geoderma**, 158 (3-4), 252-258. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.04.034>

DUARTE, M. L. R. **Cultivo da Pimenteira-do-reino na Região Norte**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p.185. 2004.

DUARTE, M. L. R.; ALBUQUERQUE, F. C.; ALBUQUERQUE, P. S. B. Doenças da Pimenteira-do-Reino (*Piper nigrum*). In: KIMATI, H.; et al., (Eds.) **Manual de Fitopatologia**. V. 2. 4ª Ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2005. p.507-516.

DUARTE, Maria de Lourdes Reis et al., **Pimenta-do-reino**. Brasília: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 82p.

DUQUE, J. A. ***Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.** 1983. Disponível: site Horticulture Department at Purdue web. URL: [http://www.hort.parde.edu/newcrop/duke\\_energy/Gliricidia\\_sepium](http://www.hort.parde.edu/newcrop/duke_energy/Gliricidia_sepium)

DYER, L.A., PALMER, A.N. **Piper: A model genus for studies of evolution, chemical ecology and tropic interactions**. Klumer Academic Publishers, New York, cap. 7, 2004.

EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. **Manual Segurança e Qualidade para a Cultura da Pimenta-do-Reino**. Brasília: EMBRAPA/SEDE, 65 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos). Projeto PAS Campo. Convênio CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA, 2004.

EMBRAPA. Confecção de mapas. Laboratório de sensoriamento remoto da Embrapa Amazônia Oriental. Belém, Pará. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil em 50 alimentos**. 277-281p. Livro. 359p. ISBN 978-65-89957-68-3. Brasília, DF, 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Projeto de pesquisa e transferência de tecnologias para o cultivo sustentável da pimenteira-do-reino em tutor vivo para agricultura familiar. **Carteira de projetos Embrapa, 2020**. Disponível em <https://sistemas.sede.embrapa.br/ideare/pages/home/principal/principalframesnovo.jsf>. Acesso em abril de 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **VII Plano Diretor da Embrapa: 2020-2030**. Brasília, DF, 2020. 31 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p.

EMONGOR, V. E., & MABE, O. **Effects of phosphorus on growth, yield and yield components of chilli pepper (*Capsicum annum* L.)**. 2010. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 936 (pp. 327-334). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.936.42>

ERB M., KLIEBENSTEIN, D.J. **Plant Secondary Metabolites as Defenses, Regulators, and Primary Metabolites: The Blurred Functional Trichotomy**. *Tropical Review*, 184, 39-52. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.20.00433>

ESQUIVEL, Jorge *et al.* Distribución de Nutrientes en el suelo en asociaciones de poró (*Erythrina berteroana*), madero negro (*Gliricidia sepium*) o *Arachis pintoi* con *Brachiaria brizantha*. **Agroforestería en las Américas**, v. 5, n. 17-18, p. 39-43, 1998.

FAO. Food and Agriculture of the United Nations. **Statistical Databases**. 2022. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 18 jan. 2023.

FERREIRA, Célio Armando Palheta *et al.* Coeficiente técnicos, custos, rendimentos e rentabilidade. In: DUARTE, M. L. E. (Ed.). **Sistema de produção: Cultivo da pimenta-do-reino na Região Norte**. 1ª ed. Belém. p. 283-286, 2004.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, [S.l.], 37(4), 529-535. <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. (2019). Acesso em 29 out. 2021.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs**. *Revista brasileira de biometria*, [s.l.], v. 37, n. 4, p. 529-

535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Date accessed: 10 feb. 2020. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FILGUEIRAS, G. C.; HOMMA, A. K. O.; SANTOS, M. A. S. Conjuntura do mercado da pimenta-do-reino no Brasil e no mundo. **In: Workshop da pimenta-do-reino no Pará**. Belém, PA. Situação atual e alternativa para a produção sustentável. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. Disponível em: <https://encurtador.com.br/kmzT8> Acesso em: 19 de fev. 2022.

FOLEY, J. A. *et al.*, Solutions for a cultivated planet. Nature, vol 478, 2011, 337-342. Automação de sistemas de irrigação em fruticultura irrigada. **In: Congresso Brasileiro de Fruticultura**. Fortaleza, CE. Palestra. Fortaleza, 2000. p. 156-181.

FRANCO, H. H. S. **Abordagem metodológica envolvendo tensiometria e determinação da curva de retenção de água num solo de textura média**. [s.1. ] Universidade de São Paulo – Esalq/USP, 2015.

FRANZINI, V. I., SILVA, A. R. B., & BOTELHO, S. M. **Área de plantio, Calagem e Adubação**. In: Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará. Brasília, DF: Embrapa, 52p. 2014.

FREDERICO, Samuel. Lógica das commodities, finanças e cafeicultura. Boletim Campineiro de Geografia. **Revista científica da AGB-Campinas**. v.3, n. 1, 20p. 2013

GÓMEZ, M.; PRESTON, T. R. Ciclaje de nutrientes en un banco de proteína de matarratón (*Gliricidia sepium*). **Livestock Research for Rural Development**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 1996.

GORGANI L., MOHAMMADI M., NAJAFPOUR G.D., NIKZAD M. Piperine - the bioactive compound of black pepper: from isolation to medicinal formulations. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 16, 124-140. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12246>

HOMMA, A. K. O. **Civilização da pimenta-do-reino na Amazônia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 34p. 1996, Aracaju. Anais. Brasília: SOBER, 1996.

HOMMA, A. K. O. Dinâmica dos sistemas agroflorestais: o caso da colônia agrícola de Tomé Açu, Pará. **Revista do IESAM**, v.1, n. 2, p. 57-65, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – (2019). **Censo Agropecuário**. Acesso em junho de 2023. Disponível em <https://censoagro2017.ibge.gov.br/>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - (2022). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA): Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil**. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: jun. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - (2023). **Cidades e Estados do Brasil**. Acesso em junho de 2023. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019). **Levantamento sistemático da produção agrícola: Sistema de recuperação automática – SIDRA. 2019.** Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: jun. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal - PAM 2020-2022.** Disponível em < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas> >

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal - 2021: culturas temporárias e permanentes.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>> Acesso em jan. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Produção agrícola: Lavoura permanente.** Rio de Janeiro: 2022. Disponível em: /<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0/>

IBRAHIM, K.K., PILLAI, V.S. AND SASIKUMARAN, S. **Path coefficient analysis of some yield components in black pepper (*Piper nigrum* L.).** Indian Spices 22(3): 22-25 Kumar, B.M. and Prabhakaran, P.V. 1980. Determination of leaf area in pepper (*Piper nigrum* L.) using linear measurement. Indian Cocoa Arecanut Spices J. 4: 26-27. 1985.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Brasil 2035: cenários para o desenvolvimento.** Brasília. Ipea Assecor, 2017. 320 p. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=30156](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=30156) Acesso em maio de 2023.

IQBAL G., IQBAL A., MAHBOOB A., FARHAT S.M., ARMED T. Memory enhancing effect of Black Pepper in the AIC13 induced neurotoxicity mouse model is mediated through its active component chavicin. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, 17(11), 962-973. 2016. DOI: <https://doi.org/10.2174/1389201017666160709202124>

IRRIGA MAIS BRASIL. **Empresa prestadora de serviço de instalação e manutenção de projetos e sistemas de irrigação.** Realização do projeto/croqui e manutenção do sistema de irrigação na unidade experimental, 2023.

ISHIZUKA, Y., KATO, A. K., CONCEIÇÃO, H. E. O., & DUARTE, M. L. R. (2004). **Sistema de cultivo sombreado.** In: Duarte, M. L. R. Cultivo da pimenteira-do-reino na Região Norte. Belém, PA. *Embrapa*, Embrapa Amazônia Oriental, (Embrapa Amazônia Oriental. Sistemas de produção), 2004.

ISSUKINDARSYAH, I., SULISTYANINGSIH, E., INDRADEWA, D., & PUTRA, E. T. S. The Effect of Ammonium Nitrate Ratio and Support Types on the NPK Uptake and Growth of Black Pepper (*Piper nigrum* L.) in **Field Conditions.** *Poljoprivreda*, **27(2)**, 25-33. (2021). <http://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d210502>

KARTHIKA, K. S., RASHMI, I., & PARVATHI, M. S. Biological functions, uptake and transport of essential nutrients in relation to plant growth. In **Plant nutrients and abiotic stress tolerance** (pp. 1-49). Springer, Singapore. 2018. [http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_1).

KATO, A. K., UCHIDA, M., MENEZES, A. J. E. A., OGATA, T., ALBUQUERQUE, F. C., HAMADA, M., & DUARTE, M. L. R. **Utilização de tutores vivos na cultura da pimenta-do-reino.** In: *Seminário internacional sobre pimenta-do-reino e cupuaçu*, v. 1, 1996. Belém, PA. Anais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, v.89, 435-440. 1997.

KNIGGE, W. & OLISCHLAGER, K. **Möglichkeiten der Grünastung der Fichte.** Holz-Zbl. v.96, p.1497-1500. 1970.

KOROLKOVAS A; BURCKHALTER J.H. **Química Farmacêutica.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

KRAMER, J. P. & KOSWLOSKI, T. **Fisiologia das árvores.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1972. 745p.

KRISHNAMURTHY K.S., PARTHASARATHY V.A., SAJI K.V., KRISHNAMOORTHY B. Ideotype concept in black pepper (*Piper nigrum* L.). **Journal of Spices and Aromatic Crops**, 19(1&2), 1-13. 2010. <https://updatepublishing.com/journal/index.php/josac/article/view/4949>. Accessed November 12, 2021.

KUNHAMU, T. K., ANEESH, S., MOHAN KUMAR, B., JAMALUDHEEN, V., RAJ, A. K., & NIYAS, P. **Biomass production, carbon sequestration and nutrient characteristics of 22-year-old support trees in black pepper (*Piper nigrum*. L) production systems in Kerala, India.** Agroforestry Systems. 2016. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-016-0054-5>

LEMOS, O. F., RODRIGUES, S. M.; BOTH, J. P. C. L.; ARAÚJO, S. M. B., & POLTRONIERI, M. C. (2022). **Aspectos morfológicos de crescimento e produção de cultivares de pimenteira-do-reino em tutor sustentável de gliricídia na mesorregião do Baixo Tocantins, Pará.** *Research, Society and Development*, 11(13). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35596>

LEMOS, O. F.; POLTRONIERI, C. R. Produção de mudas. In: LEMOS, O. F.; TREMACOLDI, C. R.; POLTRONIERI, M. C. **Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará.** 1ª ed. Brasília: Embrapa, p. 13-17, 2014.

LEMOS, O.F. de; BOTH, J.P.C.L. **Qualificação da tecnologia: O cultivo de pimenteira-do-reino em tutor vivo de gliricídia.** Sistema de Gestão das Soluções Tecnológicas da Embrapa (GESTEC). Embrapa, DF. 2022. Acesso em maio de 2023. <https://sistemas.sede.embrapa.br/gestec/paginas/home.xhtml>

LIMA FILHO, Oscar Fontão de *et al.* **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática.** Brasília, DF: Embrapa. 2. ed. rev. atual. V. 1. 586 p. 2023.

LIMA JÚNIOR, J. A. de. **Irrigação por gotejamento na cultura da cenoura: manejo e custos de produção.** 133 p. 2011. Tese (doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2011.

LOCONTE, H.; STEVENSON, D.W. **Cladistics of the Magnoliidae**. *Cladistics*, v. 7(3), p. 267-296, 1991.

LONG, Melvin. **Irrigação gota a gota**. *Revista Cultivar*. 2015. Acesso em novembro de 2023. <https://revistacultivar.com.br/artigos/irrigacao-gota-a-gota>

LOURINHO, Marcela *et al.*, **Conjuntura da pimenta-do-reino no mercado nacional e na região norte do Brasil**. *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 18, 2014.

LUZ S.F., YAMAGUCHI L.F., KATO M.J., LEMOS O.F., XAVIER L.P., MAIA J.G.S., RAMOS A.R., SETZER, W.N., SILVA, J.K.R. Secondary metabolic profiles of two cultivars of *Piper nigrum* (Black Pepper) resulting from infection by *Fusarium solani* F. sp. *piperis*. **International Journal of Molecular Sciences**, 18(2434), 1-17. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms18122434>

MACEDO, A. B. M. *et al.*, **Análise econômica da bananeira ‘Pacovan ken’ em função de diferentes tensões de água no solo**. *Irrigado, Botucatu*, v. 17, n. 3, p. 274 - 283, julho - setembro, 2012.

MACEDO, A. B. M. *et al.*, Desempenho de um sistema de irrigação automatizado através da tensão de água no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.4, nº. 2, p. 78 - 81, 2010.

MANTOVANI, E. C. **Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV. 2001.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Conceitos. Conheça a base conceitual do Programa Nacional de Bioinsumos**. Atualizado em 2021. Acesso em nov. 2023. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa/conceitos>.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa Nº 10, de 15 de maio de 2006**. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Pimenta-do-Reino; a Amostragem; os Procedimentos Complementares; e o Roteiro de Classificação contidos nos Anexos I, II, III e IV. Brasília, DF. 2006. <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=16/05/2006&jornal=1&pagina=1&totalArquivos=80> (Accessed July 15, 2021).

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa Nº 12, de 06 de setembro de 2021**. Aprova a Norma Técnica Específica para a Produção Integrada de Pimenta-do-Reino. Diário Oficial da União, Brasília. 2021. [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada/arqui\\_vos\\_publicacoes-producao-integrada/pimenta-do-reino/intrucao-normativa-no12-de-06-de-setembro-de-021.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada/arqui_vos_publicacoes-producao-integrada/pimenta-do-reino/intrucao-normativa-no12-de-06-de-setembro-de-021.pdf). Accessed August 08, 2022.

MARQUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. Circular técnica, n. 57, 2008. 15p.

MARQUELLI, W.A. *et al.*, Manejo da água de irrigação. *In*: SOUSA, V.F. *et al.* (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 157-232.

MARQUEZAN, L. H. F.; BRONDANI, G. Análise de investimentos. **Revista eletrônica de contabilidade**, v. 3, n. 1, p. 35-35, 2006.

MENEZES, A. J. E. A DE., HOMMA, A., ISHIZUKA, Y., KODAMA, N. & KODAMA, E. **Gliricídia como tutor vivo para pimenteira-do-reino. Embrapa Amazônia Oriental. Série documentos 393**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 31p., (2013a; 2013b) 2013.

MENEZES, A. J. E. A. **Tutor vivo com gliricídia**. *In*: Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará. Brasília, DF: Embrapa, 52p. 2014.

MENEZES, A. J. E. A.; HOMMA, A. K. O.; ISHIZUKA, Y.; KODAMA, N. R.; KODAMA, E. E. Tutor vivo de gliricídia (*Gliricídia sepium* L.) para pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.): preservando recursos florestais com produção para o Estado do Pará. **Amazônia: Ci & Desenv.** Belém, v. 8, n. 16, jan./jun. 2013b.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Portaria IBAMA Nº 37-N, de 03 de abril de 1992. Lista Oficial da Flora Ameaçada de Extinção. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/179/\\_arquivos/179\\_05122008034139.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008034139.pdf)>. Acesso em: 18 jan. 2022.

MORAES, A. J. G. de. *et al.*, **Avaliação dos impactos econômico, social e ambiental do cultivo da pimenteira-do-reino com tutor vivo de gliricídia no Estado do Pará**. *In*: Congresso Da Sociedade Brasileira De Economia, Administração E Sociologia Rural - SOBER, 55. 2017, Santa Maria, RS. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163059/1/8358.pdf>. Acesso em: Jan, 2020.

MORAES, A. J. G. de; SILVA, E. S. A. **Relatório de avaliação dos impactos de soluções tecnológicas geradas pela Embrapa: Cultivo da pimenteira-do-reino com tutor vivo de gliricídia**. Belém, Embrapa Amazônia Oriental. 2023. 28p.

MORAES, A. J. G.; SILVA, E. S. A.; ALMEIDA, E. N.; MENEZES, A. J. E. A. **Evaluation of the economic, social and environmental impacts of peppermint cultivation with live glyceride tutor in the state of Pará**. *Brazilian Journal of Development* ., Curitiba, v. 4, n. 7, Edição Especial, p. 3696-3715, nov. 2018.

MOTTA, R. da R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Editora Atlas, 2.002.

MOURÃO JR., M. **Modelização espacial de territorialidades no estado do Pará: entre a Amazônia dos rios e das estradas**. Paris: Université Sorbonne Paris Cité, 2017. 321 p. < <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01720892/> >

NELSON, S.C.; CANNON-EGER, K.T. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Black Pepper (*Piper nigrum* L.). 2ª edição. ELEVITCH, C.R. (Ed.). **Permanent Agriculture Resources (PAR)**, Holualoa, Hawai, 2011.

NEVES, A. D. S.; PEREIRA, G. C.; MORAES, F. I. O.; CAMPOS, A. X. de. **Nível atual de fertilidade dos solos de pimentais decadentes**. Itabuna, Seplan, 1981. 10p. (CEPLAC. Boletim Técnico, 87).

NOGUEIRA, O. L., DE CONTO, A. J., CALZAVARA, B. B. G., TEIXEIRA, L. B., KATO, O. R., & DE OLIVEIRA, R. F. **Recomendações para o cultivo de espécies perenes em sistemas consorciados**. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa/CPATU. 1991.

NWOKEM CO; AGBAJI EB; KAGBU JA; EKANEM EJ. **Determination of capsaicin content and pungency level of five different peppers grown in Nigeria**. *New York Science Journal* 3: 17-21. 2010.

OLIVEIRA MG, OLIOSI G, PARTELLI FL, RAMALHO JC. Physiological responses of photosynthesis in black pepper plants under different shade levels promoted by intercropping with rubber trees. **Ciência e Agrotecnologia**, 42, 513-526. 2018. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018425020418>

OLIVEIRA, A. P., ALVES, E. U., SILVA, J. A., ALVES, A. U., OLIVEIRA, A. N. P., LEONARDO, F. A., CRUZ, I. S. **Produtividade da pimenta-do-reino em função de doses de esterco bovino**. *Horticultura Brasileira*, 25, 408-410. 2007.

OLIVEIRA, B. S., NETO, A. P. D., & DA SILVA, M. B. Pimenta-do-reino: importância da defesa fitossanitária para a sustentabilidade da atividade na região norte do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, 2011.

OLIVEIRA, D. M. de; BOTELHO, F. J. E.; MARCOLAN, A. L. **Folder técnico: Coleta de solo para análise de fertilidade**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2015. Disponível em <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1031051>.

OLIVEIRA, J. A. M.; OLIVEIRA, C. M. M. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Arinos – MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 6, p. 3021-3027, 2018.

OLIVEIRA, R. F. de; CRUZ, E. de S. **Efeito da adubação NPK na nutrição e produtividade da pimenta-do-reino, no município de Tomé-Açu, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 22p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 32).

OLIVEIRA, R. F. de; CRUZ, E. de S.; MOURÃO JR., M. **Efeito da adubação NPK na produtividade, nutrição e sanidade da pimenta-do-reino, em Castanhal, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 34p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 10).

OLIVEIRA, V. H. de; MIRANDA, F. R. de. **Necessidade de irrigação**. Embrapa Agroindústria Tropical. 2021. Disponível em <https://www.embrapa.br/agencia-de->

informacao-tecnologica/cultivos/caju/producao/irrigacao/necessidade-de-irrigacao. Acesso em maio de 2023.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Como as Nações Unidas apoiam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** Disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 05 de maio de 2023.

PAM. PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL - 2021: **culturas temporárias e permanentes.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>> Acesso em: 18 jan. 2023.

PARACAMPO, N. E. N. P., ABREU, L. F., DE LEMOS, O. F., BOTH, J. P. C. L. Quality of black pepper produced in northeastern Pará. **Revista de agricultura neotropical**, [S. L.], v. 9, n. 3, p. e7020, 2022. DOI: 10.32404/rean.v9i3.7020. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/7020>. Acesso em: 22 apr. 2023.

PAVÃO, Eduardo de Moraes. **Produção de pimenta do reino no Estado do Pará: opções para intensificação produtiva e impactos nas emissões de CO2.** Dissertação de Mestrado. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo. 75 pag. eq. 2022. Acesso em 10/08/2023. <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/32856>

PEREIRA LOURINHO, M.; COSTA, C. A. S.; SOUZA, L. C.; SOUZA, L. C.; OLIVEIRA, C. F. **Conjuntura da pimenta-do-reino no mercado nacional e na região Norte do Brasil.** Enciclopédia Biosfera, v.10, n.18, p.1016-1031, 2014.

PEREIRA, E. O. L., CONCEIÇÃO, H. E. O., DUARTE, M. L. R., ISHIZUKA, Y., & AGUIAR, M. V. (2002). **Avaliação de cultivares de pimenta-do-reino em sistema de cultivo “semi-intensivo”.** In: *XII Seminário de Iniciação Científica da FCAP e VI Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental*, Belém, PA, Anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 5p. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/406196>. Acesso em: 22 junho 2022.

PEREIRA, M. E. M. **Desempenho e viabilidade econômica da couve-flor em diferentes condições de manejo da irrigação e adubação com boro no Nordeste Paraense.** 48 p. 2015. Dissertação. Universidade Federal da Amazônia - UFRA, Belém, 2015.

PEREIRA, M. E. M. *et al.*, Irrigation management influence and fertilizer doses with boron on productive performance of cauliflower. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 5, p. 811-821, 2016

PISSINATE, K. Atividade citotóxica de *Piper nigrum* e *Struthanthus marginatus*. Estudo preliminar da correlação entre a citotoxicidade e hidrofobicidade da piperina e derivados sintéticos. **Dissertação de Mestrado.** Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, p. 1-110, 2006.

PIVETTA, C. R. **Posição dos gotejadores e cobertura do solo com plástico, crescimento radicular, produtividade e qualidade do melão.** 2010. 94 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

POLTRONIERI M. C., RODRIGUES S. DE M., LEMOS O. de F., MENEZES I.C. de, BOTH; J.P.C.L. **Estado da arte do melhoramento genético de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum* L.)**. Embrapa. Belém, PA. 2020. 22 p.

POLTRONIERI, M.C.; LEMOS, O.F. **Pimenta do reino: cultivares**. Boletim Técnico: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014.

PORTAL. **Portal do agronegócio**. Setor de bioinsumo, além de ampla movimentação econômica, tem perspectiva de crescer no Brasil acima dos índices no contexto externo. Editora Gazeta. Publicado em: 07/06/2021. Disponível em <https://www.portaldogronegocio.com.br/agroindustria>. Acesso em maio de 2023.

R Core Team (2022). R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em 30 jan. 2022.

RAVINDRAN P.N., KALLUPURACKAL J.A. **Black pepper**. In: Peter, K.V. Handbook of Herbs and Spices. 2nd ed., vol 1. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, p. 86-115. 2012. [https://www.google.com.br/books/edition/Handbook\\_of\\_Herbs\\_and\\_Spices/cKjAgAAQBAJ?hl=ptBR&gbpv=1&dq=Handbook+of+Herbs+and+Spices&printsec=frontcover](https://www.google.com.br/books/edition/Handbook_of_Herbs_and_Spices/cKjAgAAQBAJ?hl=ptBR&gbpv=1&dq=Handbook+of+Herbs+and+Spices&printsec=frontcover). Accessed May 06, 2021.

RAVINDRAN, P.N. Introduction of Black Pepper. In: RAVINDRAN, P.N. (Ed.) Medicinal and Aromatic Plants: Black Pepper, *Piper nigrum*. **India: Indian Institute of Spices Research**, v. 13, cap. 4, p. 163-224, 2000.

REIS, R. P. **Fundamentos de economia aplicada**. 2ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA/FAEPE. 2007. 95p.

RICHARDS, L. A. A pressure membrane extraction apparatus for soil solution. **Soil Science**, v. 51, p. 377-386, 1941.

RODRIGUES, S D M, POLTRONIERI, M, DE LEMOS, O F, ARAUJO, S, BOTH, J P C L. **Avaliação de cultivares de pimenteira-do-reino (*Piper nigrum*) em dois tipos de tutores no município de Igarapé-Açu, Pará**. Embrapa Amazônia Oriental - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E). 2019.

ROSA, Ronaldo Macêdo da. Fotógrafo e Técnico da Embrapa Amazônia Oriental. 2021.

ROZOV, A., KHUSAINOV, I., EL OMARI, K., DUMAN, R., MYKHAYLYK, V., YUSUPOV, M., YUSUPOVA, G. **Importance of potassium ions for ribosome structure and function revealed by long-wavelength X-ray diffraction**. Nature communications, 10(1), 1-12. 2019. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10409-4>

SAAD, A. M.; LIBARDI, P. L. **Qualidade da irrigação controlada por tensiômetros em pivô central**. Scientia Agricola, v.51, n. 3, p.549-555, 1994.

SAAD, A. M.; LIBARDI, P. L. **Uso prático do tensiômetro pelo agricultor irrigante**. Publicação IPT, São Paulo, nº 2002, 1992, 27p.

SANTOS, Helane Cristina Aguiar. **Desempenho produtivo de cultivares de pimenta-do-reino sob condições de manejo de irrigação no Nordeste Paraense**. Tese de doutorado. 185p. Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), 2022.

SARAIVA A. M. CUGNASCA, C. E.; HIRAKAWA, A. R. Aplicação em taxa variável de fertilizantes e sementes. In: BORÉM, A. *et al.*, **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000.

SARG, S. M., HASSAN, M. A., EL-SEIFI, S. K., & RAKHA, M. K. Effect of sulphur and phosphate fertilization on growth yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annuum*, L.) b-Effect on yield, fruit quality and nutrient components. **Journal of Plant Production**, 32(3), 2225-2242. 2007. <https://dx.doi.org/10.21608/jpp.2007.206737>

SATHEESHAN, K.N. **Physiological and biochemical aspects of flowering, berry set and development in black pepper (*Piper nigrum* L.)**. Ph.D. thesis, Kerala Agricultural University, Thrissur, p.172. 2000.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: CEPEF/FATEC/UFMS, 1993. 348P.

SCHROTH, Götz; LEHMANN, Johannes. Contrasting effects of roots and mulch from three agroforestry tree species on yields of alley cropped maize. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 54, n. 1-2, p. 89-101, 1995.

SEMAS. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Lei Estadual No. 6462 de 04 de julho de 2002**. Dispõe sobre a Política Estadual de Florestas e demais Formas de Vegetação e dá outras providências. Disponível em <<https://www.semas.pa.gov.br/2002/07/04/9762/>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

SILVA, L., LIMA, L., SOUZA, L., PEREIRA, B., & VIANA, R. **Conjuntura do mercado da pimenta-do-reino no Pará**. In II Congresso Internacional das Ciências Agrárias. 2017. Disponível em <https://encurtador.com.br/jyAP8>. Acesso em fev. 2023.

SILVA, Maria Ivanísia de Sena da. **Fertirrigação em diferentes ciclos da cultura da bananeira**. 2009.

SILVA, S.O.; NETO, A.P.D.; SILVA, M.B. Pimenta-do-reino: importância da defesa fitossanitária para a sustentabilidade da atividade na região norte do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 1, n. 1, p. 88-92, 2011.

SNA. Sociedade Nacional de Agricultura (2023). **Brasil é o 2º maior produtor e exportador de pimenta-do-reino no mundo**. Jul de 2023. Disponível <https://www.sna.agr.br/brasil-e-o-2o-maior-produtor-e-exportador-de-pimenta-do-reino-no-mundo/>. Acesso em nov 2023.

SOLON, Yuri. Fotos: formas de comercialização da pimenta-do-reino. 2023.

SOUSA, A. S.; SOUSA, J. R. A. **Balanço hídrico no Estado do Pará. Pará Rural: o veículo do agronegócio paraense**. Belém, v. 2, n. 3, 2011.

SOUZA, R. O. R. M. *et al.* Avaliação econômica da irrigação em pomares de açaí. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. V.7, nº. 1, p. 54 - 65, 2013.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odesa: Instituto Plantarum, 2005. 640 p.

STANDAGE, Tom. **Uma história comestível da humanidade**. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Ed. Jorge Zahar Ed., 2010.

STUMPF, Kleber. **Mercado de câmbio: o que é, quais os tipos e como operar?** Atualizado em 20/04/2023. Disponível em <https://www.topinvest.com.br/mercado-de-cambio/>. Acesso em nov. de 2023.

SUJATHA, R. **Variability in intervarietal F1 hybrids and open pollinated seed progenies of black pepper (*Piper nigrum L.*)**. M.Sc. (Ag.) thesis, Kerala Agricultural University, Thrissur, p.103. 1991.

TABLEAU. **Tableau Public**. Disponível em <https://www.tableau.com/pt-br/community/public>. Acesso em maio de 2023.

TESTEZLAF, Roberto. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Grupo de Pesquisa Tecnologia de Irrigação e Meio Ambiente. Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, SP. 2017 Editoração Eletrônica, 215p. Acessado em fevereiro de 2023. [www.feagri.unicamp.br/irrigacao](http://www.feagri.unicamp.br/irrigacao)

THANKARNANI, C.K.; ASHOKAN, B.C.K.; MARIKUNNU, P.O. Water stress induced changes in enzyme activities and lipid peroxidation in black pepper (*Piper nigrum L.*). **Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences**, v. 25, p. 646–50, 2003.

THANUJA, T. V., & RAJENDRAN, P. C. **Influence of plant characters on dry yield of black pepper (*Piper nigrum L.*)**. In Proceedings of XIII Swadeshi Science Congress (pp. 47-51). 2003.

THORNTHWAITE, C. W., & MATHER, R. J. (1955). **The water balance**. New Jersey: Laboratory of Climatology, v. 8, 104 p. (Publication in Climatology).

TROPOC. Produtos Tropicais de Castanhal Ltda. **Informações e formas de comercialização da pimenta-do-reino**. Disponível em <https://tropoc.com.br/peppers/>. Acesso em nov. de 2023.

UNICEF. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em maio de 2023.

VAN GENUCHTEN, M.T. **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils**. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:892-898, 1980.

VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. J. M.; MALAVOLTA, E.; MURAOKA, T. **Resposta de cultivares de pimenta-do-reino aos nutrientes N, P, K em um Latossolo**

**Amarelo da Amazônia Oriental.** Scientia Agricola,, v. 57, n.2, p.343-347, abr/jun. 2000

VELOSO, Carlos Alberto Costa; CARVALHO, Eduardo Jorge Maklouf. Absorção e extração de alguns nutrientes pela cultivar Guajarina de pimenta-do-reino. **Scientia Agricola**, v. 56, p. 443-447, 1999.

VILAS BOAS, R.C. *et al.*, Viabilidade econômica do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura da cebola. **Ciência e Agrotecnologia** 35: p. 781-788. 2011.

WAARD, P. W.F. de. **Cturrent state and prospective trends of black pepper (*Piper nigrum L.*) Production.** Outfook on Agriculture, Great. Britain, v. 15, n.4, p.186-195, 1986.

YADAV, Jaipal *et al.* Effect of Potash Management through Gliricidia Green Leaf Manuring on Soil Fertility and Yield of Soybean in Vertosols. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 2, p. 1033-1037, 2020.

ZDANOWICZ, José Eduardo. **Fluxo de caixa: uma decisão de planejamento e controle financeiros.** 7. ed.Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.

ZONTA, João Henrique *et al.*, **Manejo da irrigação do algodoeiro.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2016. 8p.