

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
ORGÂNICA

DISSERTAÇÃO

**Biomassa de Tefrósia como Fonte de Adubo Nitrogenado no
Cultivo do Maracujazeiro em Sistema Orgânico de Produção**

João Fernandes Fogel

2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**BIOMASSA DE TEFRÓSIA COMO FONTE DE ADUBO
NITROGENADO NO CULTIVO DO MARACUJAZEIRO EM
SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO**

João Fernandes Fogel

Sob a Orientação do(a) Professor(a)
Ednaldo da Silva Araújo

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura Orgânica**, no Curso de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

Seropédica, RJ
Agosto de 2021

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001”.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

FF655b Fogel, João Fernandes, 21/03/1988-
Biomassa de tefrósia como fonte de adubo nitrogenado no cultivo do maracujazeiro em sistema orgânico de produção / João Fernandes Fogel. - Petrópolis - RJ, 2021.
52 f.

Orientador: Ednaldo da Silva Araújo.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica, 2021.

1. Agricultura orgânica. 2. Adubação verde. 3. Maracujazeiro. I. da Silva Araújo, Ednaldo, 1974-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA

João Fernandes Fogel

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre**, no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 30/08/2021

Conforme deliberação número 001/2020 da PROPPG, de 30/06/2020, tendo em vista a implementação de trabalho remoto e durante a vigência do período de suspensão das atividades acadêmicas presenciais, em virtude das medidas adotadas para reduzir a propagação da pandemia de Covid-19, nas versões finais das teses e dissertações as assinaturas originais dos membros da banca examinadora poderão ser substituídas por documento(s) com assinaturas eletrônicas. Estas devem ser feitas na própria folha de assinaturas, através do SIPAC, ou do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) e neste caso a folha com a assinatura deve constar como anexo ao final da tese / dissertação.

Ednaldo da Silva Araújo
Dr. Embrapa Agrobiologia
(Orientador, presidente da banca)

Raul Castro Carriello Rosa
Dr. Embrapa Agrobiologia

Francisco Alisson da Silva Xavier
Dr. Embrapa Mandioca e Fruticultura



Emitido em 30/08/2021

DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 17472/2021 - PPGA0 (12.28.01.00.00.36)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 14/02/2022 09:23)

EDNALDO DA SILVA ARAÚJO

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 750.960.133-91

(Assinado digitalmente em 18/01/2022 15:16)

RAUL CASTRO CARRIELLO ROSA

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 026.339.867-65

(Assinado digitalmente em 28/01/2022 16:02)

FRANCISCO ALISSON DA SILVA XAVIER

ASSINANTE EXTERNO

CPF: 807.435.013-49

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número:
17472, ano: **2021**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS**, data de emissão: **18/01/2022** e o código de
verificação: **b808afbc15**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos agricultores e agricultoras que encontram desafios diários para produzirem alimentos saudáveis e de maneira sustentável.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Gilvan Luiz Fogel e Miriam Fernandes Fogel, pela amizade, apoio e incentivo nos estudos. Aos meus irmãos Pedro Fernandes Fogel e Bernardo Fernandes Fogel, pela amizade e companheirismo de sempre.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ednaldo da Silva Araújo, que foi um grande incentivador e mentor. Seus ensinamentos, dicas e sugestões foram determinantes para o desenvolvimento deste trabalho e meu progresso.

Aos professores Dr. Raul Carriello Rosa, Dr. José Guilherme Marinho Guerra e Dr. Jose Antonio Azevedo Espindola que, além de serem referências, me auxiliaram com dicas e informações importantes neste trabalho.

A todos os professores e professoras do PPGA, que passaram seus conhecimentos com muito apreço.

Aos amigos e bolsistas de pós graduação, graduação e estagiários da UFRRJ, que me ajudaram na implantação e manejo do experimento, em especial Leonardo Lopes, Gabriel Botelho, Ricardo, Roberto Marinho, Pedro e Luana.

À Fazendinha Agroecológica km 47, por disponibilizar o espaço para aulas teóricas e práticas do programa e, também, a área para a implementação do experimento deste trabalho.

Aos funcionários da Fazendinha Agroecológica Km 47, por terem me ajudado com a mão de obra no manejo da cultura no campo.

À Embrapa Agrobiologia, pelo apoio ao conceder os laboratórios e viabilizar as análises que o experimento demandou.

Aos funcionários e técnicos da Embrapa Agrobiologia, que me orientaram nos procedimentos laboratoriais e auxiliaram nas análises.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, que me proporcionou um ensino de qualidade na graduação e pós graduação.

Às amigas construídas durante tantos anos vividos na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Muito obrigado!!!

BIOGRAFIA

João Fernandes Fogel, nascido na região serrana do estado do Rio de Janeiro, na cidade de Petrópolis, em 21 de março de 1988, filho dos professores Gilvan Luiz Fogel e Miriam Fernandes Fogel. Concluiu o ensino médio no ano de 2005, ingressou no curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas no ano de 2006, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, no ano de 2009 transferiu para o curso de Agronomia, no qual concluiu no fim do ano de 2016. Durante a graduação, no ano de 2008, estagiou na *Fazendinha Agroecológica – Km 47*, na área de manejo de bovinos de leite, aves, pastagens e plantas medicinais. Foi bolsista de apoio técnico-acadêmico no Colégio Técnico da Universidade Rural (CTUR), estagiando em áreas de produção orgânica de frutas e hortaliças, manejo de sistemas de irrigação e sistemas agroflorestais. No ano de 2019, ingressou no Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica (PPGAO), nível de mestrado, na área de adubação verde, com orientação do pesquisador e professor Dr. Ednaldo da Silva Araújo.

RESUMO

FOGEL, João Fernandes. **Biomassa de tefrósia como fonte de adubo nitrogenado no cultivo do maracujazeiro em sistema orgânico de produção.** 2021. 39 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2021.

O maracujazeiro é uma cultura de enorme importância para a fruticultura brasileira. O país apresenta-se como o maior produtor mundial da fruta e também o maior consumidor. Nos últimos tempos, observa-se o crescimento de estudos com materiais genéticos cultivados sob manejo orgânico na cultura do maracujazeiro, o que igualmente imprime a necessidade de trabalhos focados no acompanhamento da adubação com fontes orgânicas que atendam às necessidades nutricionais da cultura. A tefrósia (*Tephrosia sinapou*) é uma leguminosa arbustiva com potencial para adubação verde e vem sendo pouco explorada no país. Neste estudo foi avaliado 1) a capacidade da biomassa vegetal da tefrósia como fertilizante para o atendimento da demanda de nitrogênio (N) para a cultura do maracujá amarelo em sistema orgânico de produção, e 2) a taxa de decomposição e liberação de N da biomassa da tefrósia. O experimento foi conduzido na *Fazendinha Agroecológica Km 47*, nas condições da baixada fluminense. Para o primeiro parâmetro avaliado adotou-se o delineamento de blocos casualizados (DBC) com 4 tratamentos, 3 blocos e 3 repetições. Onde: Tratamento 1 (T1) – testemunha (sem adubação); Tratamento 2 (T2) - torta de mamona (TM); Tratamento 3 (T3) - biomassa fresca de tefrósia (BFT); Tratamento 4 (T4) a combinação de 50% de torta de mamona + 50% de biomassa fresca de tefrósia (TM+BFT). Já no segundo parâmetro avaliado, relacionado a determinação da decomposição da biomassa vegetal de diferentes partes da planta (folha, caule e folha + caule) foi utilizada a metodologia *litter bag*. Adotou-se o DBC e cada material distinto considerou-se um tratamento, sendo 3 tratamentos, 3 blocos e 10 repetições. Os resultados obtidos nesse estudo demonstram que as distintas partes da planta apresentaram tempos de decomposição e liberação de nitrogênio distintos em função da relação C/N, sendo que, quanto maior a relação C/N, maiores foram os tempos de meia vida ($t_{1/2}$) da matéria seca, sendo a fração foliar com o menor tempo de meia vida (38 dias), seguido do material de folha + caule (66 dias) e o caule (150 dias). O tempo de meia vida da liberação de N na folha foi o menor (29 dias), seguido do material de folha + caule (38 dias) e do caule (102 dias). A torta de mamona (T2), por ser um composto com uma baixa relação C/N e rápida liberação do nitrogênio, foi o tratamento com maior produtividade total (13,37 t ha⁻¹), produzindo cerca de 14% a mais do que o tratamento testemunha (11,5 t ha⁻¹), 27% a mais do que o tratamento com a biomassa da tefrósia (9,7 t ha⁻¹) e 10% a mais do que o tratamento com a mistura de torta de mamona com a biomassa da tefrósia (11,92 t ha⁻¹). O tratamento testemunha (T1) não diferiu significativamente da produtividade total do tratamento com a mistura da torta de mamona com tefrósia (T4). A adubação com a biomassa da tefrósia (T3) obteve redução da produtividade em torno de 15%, quando comparada com o tratamento testemunha (T1), o que sugere um déficit de nitrogênio para a cultura do maracujazeiro neste tratamento com a biomassa da leguminosa, talvez devido a imobilização do nitrogênio no solo. A adubação não influenciou no teor de sólidos solúveis (°Brix) nos frutos do maracujá.

Palavras-chave: Maracujazeiro. Adubação verde. Agricultura orgânica.

ABSTRACT

FOGEL, João Fernandes. **Tefrósia biomass as nitrogen fertilizer source in sour passion-fruit cultivar in organic production system** 2021. 39p. Dissertation (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2021.

Passion fruit is a crop of great economic importance for Brazil. The country present itself as the major world producer of the fruit and also the major consumer. Lately, it is observed the growth of studies with genetic materials cultivated under organic management of passion-fruit crop cultures, what equally indicates the necessity of works focusing over the following the fertilization with organic sources attending nutritional requirements of the culture. *Tephrosia sinapou* is a shrub legume with potential for green manure and it is being almost not explored in the country. In this study was evaluated 1) *Tephrosia* vegetable biomass capacity as fertilizer for attending the nitrogen (N) demand for the passionfruit culture in organic production system, and 2) the decomposing rate and nitrogen (N) release from it's biomass. The experiment was conducted in the *Fazendinha Agroecológica Km 47*, in the Seropédica region conditions. For the first evaluated parameter it was adopted the randomized block design (RBD) with 4 treatments, 3 blocks and 3 repetitions. Where: Treatment 1 (T1) – witness (without fertilization); Treatment 2 (T2) – castor bean pie (CBP); Treatment3 (T3) – *Tephrosia* fresh biomass (TFB); Treatment 4 (T4) a combination of 50% castor bean pie + 50% *Tephrosia* fresh biomass (CBP +TFB). In the second evaluated parameter, in relation to the determination of vegetable biomass decomposing of different parts of the plant (leaf, stalk, leaf + stalk) using *litter bag* methodology. It was adopted RBD and each distinct material considered a treatment, being 3 treatments, 3 blocks and 10 repetitions. The obtained results in this study demonstrated that the distinct parts of the plant presented distinct nitrogen decomposing and release times in function of C/N relation, being that as greater the C/N relation, greater were half-life ($t_{1/2}$) times of the dry matter, being the leaf fraction with the minor half life time (38 days), followed by the leaf + stalk material (66 days) and the stalk (150 days). The half-life time nitrogen release of the leaf was the minor (29 days), followed by leaf + stalk material (38 days) and stalk (102 days). The castor bean pie (T2), for being a small C/N relation compost and quick nitrogen release, was the treatment with major total productivity ($13,37 \text{ t ha}^{-1}$), producing around 14% more than the witness treatment ($11,5 \text{ t ha}^{-1}$), 27% more than the treatment with *Tephrosia* biomass ($9,7 \text{ t ha}^{-1}$) e 10% more than the treatment with the mixture of castor bean pie (CBP) with *Tephrosia* (T4). The fertilization with *Tephrosia* biomass (T3) obtained productivity reduction around 15%, when compared with the witness treatment (T1), suggesting a lack of nitrogen for the sour passion-fruit cultivar of this treatment with the leguminous biomass, maybe due to the nitrogen immobilization in soil. The fertilization did not influence in the soluble solids content ($^{\circ}\text{Brix}$).

Key-words: Passion Fruit. Green Manure. Organic Agriculture.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Recomendações de adubação nitrogenada (N), fosfatada (P ₂ O ₅) e potássica (K ₂ O) nas fases de plantio, formação e produção do maracujazeiro	4
Tabela 2. Tratamentos e quantidades de adubo utilizadas no experimento	12
Tabela 3. Coeficientes da equação de regressão, $X = X_0 e^{-kt}$, e tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) para decomposição da biomassa seca da tefrósia ao longo do tempo (150 dias) após a implantação dos <i>litter bags</i> no campo. Seropédica, RJ, 2020.....	20
Tabela 4. Teores de C e N iniciais e relação C/N.....	23
Tabela 5. Coeficientes da equação de regressão, $X = X_0 e^{-kt}$, e meia-vida ($t_{1/2}$) para liberação de nitrogênio da biomassa da tefrósia ao longo do tempo após a implantação dos <i>litter bags</i> no campo. Seropédica, RJ, 2020.	24
Tabela 6. Produtividade média estimada e °Brix do maracujazeiro-azedo em função do uso solteiro ou combinado da biomassa fresca de tefrósia e torta de mamona	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variação mensal de precipitação pluviométrica e temperatura média do ar (novembro 2019 a abril 2020), durante a condução do experimento. Fonte: INMET Estação automática de Seropédica / RJ, Km 47.	10
Figura 2. Localização da área experimental.....	10
Figura 3. Imagem aérea da área experimental.....	12
Figura 4. Maracujás colhidos (imagens A e B) e medição do °Brix (imagem C).	13
Figura 5. Área experimental com os blocos distribuídos. Fonte: o autor (2019).	14
Figura 6. Materiais sendo quantificados e separados (imagem A) para colocar nas sacolas de decomposição (imagem B).....	15
Figura 7. Sacolas de decomposição dispostas nas entrelinhas.	15
Figura 8. Biomassa seca remanescente da folha de tefrósia até 150 dias após instalação dos <i>litter bags</i> no campo. Seropédica, RJ, 2020. Modelo exponencial simples.	17
Figura 9. Biomassa seca remanescente do caule de tefrósia até 150 dias após instalação dos <i>litter bags</i> no campo. Seropédica, RJ, 2020. Modelo duplo exponencial.	18
Figura 10. Biomassa seca remanescente caule + folha de tefrósia até 150 dias após instalação dos <i>litter bags</i> no campo. Seropédica, RJ, 2020. Modelo exponencial simples.....	19
Figura 11. Nitrogênio remanescente da folha de tefrósia até 150 dias após instalação dos <i>litter bags</i> no campo. Seropédica, RJ, 2020.	21
Figura 12. Nitrogênio remanescente do caule de tefrósia até 150 dias após instalação dos <i>litter bags</i> no campo. Seropédica, RJ, 2020.	22
Figura 13. Nitrogênio remanescente do caule + folha de tefrósia até 150 dias após instalação dos <i>litter bags</i> no campo. Seropédica, RJ, 2020.....	22

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Maracujazeiro	3
2.2 Adubação do Maracujá.....	4
2.3. Fontes de N na adubação orgânica.....	5
2.3.1. <i>Tephrosia Sinapou</i>	6
2.3.2. Torta de mamona.....	6
2.3.3. Decomposição de biomassa vegetal.....	7
2.3.4. Decomposição da biomassa de leguminosas	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1. Descrição do local do experimento agrícola.....	10
3.2. Descrição do experimento e parâmetros de avaliação.....	11
3.2.1. Fontes vegetais para a adubação do maracujazeiro.....	11
3.2.2. Avaliação da taxa de decomposição da biomassa vegetal da tefrósia.....	13
3.3 Análises estatísticas.....	16
3.3.1 Fontes de adubação do maracujazeiro.....	16
3.3.2 Taxa de decomposição da biomassa vegetal da tefrósia	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1 Decomposição da biomassa vegetal da tefrósia.....	17
4.1.1 Matéria seca remanescente de folha.....	17
4.1.2 Matéria seca remanescente de caule.....	18
4.1.3 Matéria seca remanescente de folha + caule.....	18
4.2 Liberação de nitrogênio remanescente.....	21
4.3. Efeito do uso combinado de biomassa de tefrósia com torta de mamona sobre a produtividade do maracujazeiro	25
5. CONCLUSÕES	29
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

O acelerado aumento da população mundial nas últimas décadas do século XX provocou maior demanda na produção de alimentos, fibras, madeiras e energia. Essa conjuntura, associada ao processo de degradação do solo, tem promovido a redução da produtividade dos solos quando manejados inadequadamente e, como consequência, observa-se o aumento de processos erosivos e a redução do conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS) (SILVA et al.; 2014).

Na agricultura orgânica, considera-se o solo como o cerne de todo o processo produtivo, sendo reconhecido e valorizado como um organismo vivo. O manejo do solo nesses sistemas ecológicos busca a manutenção de sua capacidade produtiva, envolvendo a gestão da fertilidade, garantida por meio do aporte integrado de consideráveis quantidades de biomassa vegetal e de resíduos de origem animal, possibilitando o incremento de matéria orgânica ao solo (ESPINDOLA et al., 2004).

Agricultura orgânica é um sistema de produção baseado em uma abordagem de manejo/gerenciamento de agroecossistemas, o qual sustenta a saúde dos solos, ecossistemas, métodos de produção ecológicos, biodiversidade e sistemas de produção adaptados a condições locais (MONTEMURRO et al., 2020).

Conforme a Lei 10.831, de 2003, que rege os mecanismos de produção orgânica no país (BRASIL, 2003), ressalta-se a restrição ao emprego de fertilizantes nitrogenados sintéticos, gerando a necessidade de estratégias para a gestão dos nutrientes essenciais, em especial do nitrogênio. Diante dessa situação, torna-se fundamental a busca por fontes de adubação orgânica nos sistemas produtivos, considerando o aporte de nitrogênio (N) e a velocidade de decomposição em sincronia com a demanda das culturas (URQUIAGA e ZAPATA, 2000; ARAÚJO et al., 2011).

Nesse cenário, destaca-se o manejo da biomassa vegetal, que envolve práticas conservacionistas como o uso de adubos verdes (GUERRA et al., 2013) e o emprego de compostos orgânicos (OLIVEIRA et al., 2014), como a torta de mamona.

A adubação verde pode ser concebida como uma prática de cultivo de plantas, com elevado potencial de oferta de biomassa vegetal, buscando a partir de seu manejo a conservação e melhoria da fertilidade do solo (ESPINDOLA et al., 2005), além do potencial de redução de espécies vegetais de ocorrência espontânea, no controle de doenças de plantas e na atração de insetos polinizadores e inimigos naturais de pragas agrícolas (SILVA, 2018).

Essa prática é considerada como fonte específica de adubação orgânica, ao propor o cultivo de plantas que serão fragmentadas, servindo como cobertura até serem decompostas liberando nutrientes ao solo (AMABILE e CARVALHO, 2006), sendo a velocidade de decomposição da biomassa dos adubos verdes diretamente relacionadas às características edafoclimáticas, a composição química dos resíduos e as estratégias de manejo adotadas (ESPINDOLA et al., 2005; GUERRA et al., 2014).

A produção e extração do óleo de mamona para atender as demandas do programa de biodiesel gera grande quantidade de resíduos então, faz-se necessário o uso de estratégias para o reuso destes subprodutos. O principal subproduto dessa cadeia produtiva é a torta da mamona que é utilizada, principalmente, como adubo orgânico (SEVERINO, 2005).

O maracujazeiro é uma cultura de enorme importância para a fruticultura brasileira. O país apresenta-se como o maior produtor mundial da fruta e também o maior consumidor. Nos últimos tempos, observa-se o crescimento de estudos com materiais genéticos conduzidos sob manejo orgânico na cultura do maracujazeiro, o que igualmente imprime a necessidade de trabalhos focados no acompanhamento da adubação com fontes que atendam às necessidades nutricionais da cultura (PIRES, 2007). Os efeitos causados por deficiências nutricionais no

maracujazeiro já são bem descritos na literatura. Em relação ao N sua deficiência promove no maracujá crescimento lento, reduzido porte da planta, apresentando ramos finos e em menor número (MARTELETO, 1991).

Estudos relacionados ao manejo dos adubos verdes e de compostos orgânicos no intuito de selecionar aqueles que proporcionem uma velocidade de decomposição da biomassa vegetal e o fornecimento de nutrientes compatível com os períodos de demanda das culturas de interesse agrícola são importantes, favorecendo o sucesso das práticas de adubação orgânica. A hipótese assumida nesse trabalho é que a decomposição da biomassa vegetal da leguminosa *Tephrosia sinapou* (tefrósia), em um pomar de maracujá amarelo, é capaz de suprir a demanda de nitrogênio para a cultura em sistema orgânico de produção.

Este trabalho tem por objetivo geral avaliar a capacidade da biomassa da leguminosa *Tephrosia sinapou* suprir a necessidade de nitrogênio (N) para a cultura da espécie *Passiflora edulis* Sims (maracujá azedo), conduzido em sistema de produção orgânico, nas condições da Baixada Fluminense.

Os objetivos específicos são:

- 1) Avaliar a capacidade da biomassa vegetal da tefrósia como fertilizante para o atendimento da necessidade de N para a cultura do maracujá em sistema orgânico de produção.
- 2) Avaliar a taxa de decomposição e liberação de N da biomassa vegetal da tefrósia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Maracujazeiro

O maracujazeiro é uma planta trepadeira de clima tropical, da família *Passifloraceae* e que pertence ao gênero *Passiflora*, considerado o de maior importância econômica e que apresenta o maior número de espécies (BERNACCI et al. 2003; NUNES & QUEIROZ, 2006; FREITAS et al. 2011).

O maracujazeiro apresenta diversificada variabilidade genética com mais de 500 espécies que são relevantes, levando-se em consideração as diversas maneiras de utilização do maracujá (FALEIRO & JUNQUEIRA, 2009). O *Passiflora edulis Sims*, conhecido como maracujá-amarelo, é a espécie do fruto mais popular dentre os *Passiflora*, correspondendo a aproximadamente 90% da produção nacional, devido a qualidade da fruta e o maior rendimento na industrialização (FALEIRO et al. 2011; FERREIRA et al. 2016; VIANA et al. 2016).

A importância econômica da cultura se dá por conta, principalmente, do consumo da fruta fresca e da produção de sucos. Devido às propriedades calmantes, vitaminas e outros compostos, as indústrias farmacêuticas têm tido grande interesse na planta para extração destes (ISHIDA & HALFELD-VIEIRA, 2009).

O Brasil, atualmente, é o maior produtor mundial de maracujá (FALEIRO & JUNQUEIRA, 2016), produzindo anualmente cerca de 700 mil toneladas da fruta (ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2018). Sua produção é distribuída em estados brasileiros, gerando grande número de empregos devido à necessidade de mão de obra para o manejo de seu cultivo (FERREIRA, 2005). As regiões Sul, Sudeste e Nordeste, destacam-se no cenário sendo o estado da Bahia o maior produtor da fruta (EMBRAPA, 2017).

No País, a produção da fruta no ano de 2019 foi estimada em 593.429 toneladas, sendo a área destinada a colheita correspondente a 41.584 hectares e rendimento de 14,27 t/ha (IBGE, 2019). O rendimento médio nacional varia de 2,5 a 27 t/ha. Estas diferenças estão relacionadas com as características dos solos cultivados, ao manejo adotado e ao suprimento dos nutrientes pela calagem e adubação (BORGES et. al., 2010).

Cerca de 130 espécies já foram encontradas no Brasil (CERVI et al. 2010), sendo o maracujá-amarelo a espécie mais cultivada no país (FREITAS et al. 2011; MELETTI, 2011).

Aproximadamente 70 espécies de maracujá produzem frutos comestíveis e que podem ser utilizadas no consumo in natura e processamento industrial (CUNHA et al. 2002) e mais de 50 apresentam potencial comercial (VIEIRA & CARNEIRO, 2004).

Essa diversidade de espécies indica que o país apresenta excelentes condições para o seu cultivo. Fatores climáticos como a temperatura, umidade relativa, luminosidade e precipitação têm relevante influência sobre a durabilidade e o rendimento das plantas (BORGES; LIMA, 2009). Segundo Fraife Filho et al. (2010) para o plantio do maracujazeiro, indica-se regiões com altitudes entre 100 a 1000 m, com temperatura média entre 25 e 26 °C; precipitação pluviométrica ideal entre 1.200 a 1.400 mm, bem distribuída ao longo do ano, com umidade relativa do ar baixa e luminosidade alta.

O maracujá é uma cultura de grande aceitação e vem ocupando um lugar de destaque na fruticultura, pois além do sabor agradável de seus frutos, possui qualidades ornamentais, medicinais e nutricionais. A cultura gera para o agronegócio recursos da ordem de 500 milhões de reais e empregam aproximadamente 250 mil pessoas (MAPA, 2005). Por oferecer rápido retorno econômico e receita bem distribuída pela maior parte do ano, o maracujá representa uma boa opção de cultivo entre as frutíferas, mostrando-se interessante para pequenos produtores e pequenas propriedades (MELETTI, 2011).

2.2 Adubação do Maracujá

A adubação, principalmente a nitrogenada, é fundamental para o sucesso da implantação da cultura do maracujazeiro. Em todas as fases da cultura há demanda e a sua quantidade aplicada irá determinar a produtividade do pomar.

Desde o início da frutificação há grande demanda de nutrientes e transferência destes das folhas para os frutos que estão se desenvolvendo, então, para o desenvolvimento e produção satisfatória do maracujazeiro, o estado nutricional da cultura, em todas as fases de produção, deve estar adequado (BORGES et. al., 2010).

Com base na análise química do solo, as quantidades de nutrientes serão recomendadas, porém, na adubação do maracujazeiro deve-se considerar, também, a fonte do nutriente, a época e a localização do fertilizante (BORGES et. al., 2010).

A tabela 1, abaixo, mostra a recomendação de adubação do maracujazeiro nas fases de plantio, formação e produção da cultura. Pode-se utilizar esta recomendação tanto no cultivo em sequeiro como no irrigado e, também, nos Estados que não possuem sua própria tabela de adubação para a cultura.

Tabela 1. Recomendações de adubação nitrogenada (N), fosfatada (P₂O₅) e potássica (K₂O) nas fases de plantio, formação e produção do maracujazeiro

	N (kg/ha)	P no solo Mehlich-1 (mg/dm ³)			K no solo (cmol _d /dm ³) ¹				
		0-7	8-20	>20	0-0,07	0,08-0,15	0,16-0,30	0,31-0,50	>0,50
		----- P ₂ O ₅ (kg/ha) -----			----- K ₂ O (kg/ha) -----				
PLANTIO									
	150 ¹	120	80	0	20	0	0	0	0
FORMAÇÃO									
Dias após o plantio									
30	10	0	0	0	10	10	0	0	0
60	20	0	0	0	20	20	10	0	0
90	30	0	0	0	40	30	20	10	0
120-180	40	0	0	0	60	40	30	20	0
PRODUÇÃO									
Produtividade esperada (t/ha)									
<15	50	50	30	20	100	90	70	50	0
15-25	70	90	60	40	160	120	90	70	0
25-35	90	120	80	50	200	160	120	80	0
>35	120	150	100	60	250	200	150	100	0

¹Na forma de esterco bovino curtido. ²cmol_d/dm³ de K = mg/dm³ de K dividido por 390.

Fonte: Borges et al. (2002).

Na adubação de plantio a recomendação do uso do nitrogênio é sempre na forma orgânica, pois a adubação orgânica propicia efeitos positivos sobre os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, ajudando o solo a manter-se produtivo. O material orgânico que será aplicado na cova depende da disponibilidade e deve estar compostado ou curtido. As quantidades dependem dos teores de nutrientes dos materiais. O esterco bovino de curral varia de 20 a 30 litros, esterco de galinha de 5 a 10 litros e torta de mamona de 2 a 4 litros (BORGES et. al., 2010).

2.3. Fontes de N na adubação orgânica

Na agricultura orgânica, um dos maiores desafios é a busca de fontes de adubo que proporcionem o fornecimento de nutrientes em períodos compatíveis com a necessidade da cultura de interesse. O nitrogênio é um nutriente essencial, determinante nos processos produtivos e de difícil manutenção no solo, o que imprime a necessidade de práticas agrícolas que viabilizem tal manutenção e disponibilização deste nutriente nos sistemas produtivos. Neste contexto, a utilização da adubação verde com plantas leguminosas e de compostos orgânicos, mostram-se como práticas eficientes que possibilitam o aporte de nitrogênio no solo.

A adubação verde é uma técnica agrícola que se fundamenta na utilização de plantas em rotação ou consórcio com culturas de interesse econômico. Essas plantas, dependendo da finalidade, são incorporadas ao solo ou roçadas e mantidas na superfície, proporcionando uma melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (FERREIRA; SOUZA; CHAVES, 2012).

Comumente utilizam-se leguminosas para esta finalidade em razão de sua capacidade de simbiose com algumas bactérias, as quais têm a capacidade de fixar nitrogênio do ar atmosférico e disponibilizá-lo no solo através da biomassa das plantas, sendo um suprimento efetivo de N para as culturas em sucessão (VARGAS et al., 2011). Apesar disso, vale ressaltar que outras famílias botânicas também são utilizadas na função de adubos verdes (ESPINDOLA et al., 2004).

Na adubação verde utilizam-se leguminosas em sistema de rotação, sucessão ou consórcio com outras culturas ou adicionadas ao solo após o corte, com o objetivo de manter ou aumentar a matéria orgânica, proporcionando melhores condições para o desenvolvimento da cultura de interesse e, sobretudo, fornecendo N (ALCÂNTARA, 2009; SOUZA et al., 2012).

O emprego de leguminosas em cobertura podem suprir quantidades significativas de nitrogênio para cultivos subsequentes, aumentando assim a fertilidade do solo e reduzindo os requerimentos de fertilizantes nitrogenados (MIDWOOD et al., 2020).

As leguminosas promovem a ciclagem de nutrientes, extração e mobilização de macro e micronutrientes nas camadas mais profundas do solo, aumentando a capacidade de troca catiônica, o teor de matéria orgânica e carbono da biomassa microbiana, aumento da atividade microbiológica e da porosidade total do solo e diminuição da densidade do solo (OSTERROHT, 2002; FARIA et al., 2004; CARNEIRO et al., 2008; ANDRADE et al., 2009).

Compostos orgânicos são adubos naturais oriundos de materiais de origem vegetal e animal, que dispõem nutrientes para as plantas, em quantidades diferentes. É constituído por matéria orgânica, que é um fator relevante para tornar a terra mais propícia ao desenvolvimento das plantas (ROSA; BORGES, 2003).

Estes compostos são comumente utilizados em propriedades orgânicas e, assim como os adubos verdes, apresentam-se como opções ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis, na medida em que os compostos são oriundos de resíduos de origem animal e vegetal produzidos na propriedade e os adubos verdes além de fornecer N na forma orgânica, são culturas que promovem melhorias nos atributos do solo e ambiente. Então, estudos focados no uso dos adubos verdes com plantas leguminosas, como a tefrósia, e de compostos orgânicos, como a torta de mamona, são importantes para contribuir com o êxito dessas práticas de adubação orgânica.

2.3.1. *Tephrosia Sinapou*

A *Tephrosia sinapou* (Botos) A. Chev., conhecida como tefrósia sinapou, é uma planta da família *Fabaceae* e subfamília *Papilionoideae*. Tem como centro de origem a Amazônia e sua distribuição geográfica se dá na América do Sul e Sri-Lanka (SILVA, 2018). A espécie tem porte arbustivo, ciclo semiperene, caule ereto e pode chegar a 2 metros de altura. As raízes são profundas, suas folhas dispostas em espiral, imparipinadas, caducas e têm densa folhagem, folíolos oblongo-lanceolados e estípulas distintas do pecíolo. As flores são terminais e dispostas em cachos, cálice tubuloso, corola papilionácea irregular e coloração purpúrea. O fruto é um legume comprimido, um pouco arqueado e coriáceo (GONÇALVES, 2013; QUEIROZ et al., 2018), com aproximadamente 8 cm de comprimento. As sementes são de coloração amarronzada, tendo aproximadamente 0,5 cm de comprimento e não possui dureza (SILVA, 2018)

Quanto à necessidade hídrica, apresenta média tolerância ao déficit, desenvolve-se em solos com baixa fertilidade, tendo média tolerância, possui baixa tolerância ao sombreamento temporário, média tolerância a solos ácidos e baixa tolerância ao encharcamento (SILVA, 2018). A produtividade média de massa seca pode ser de 9,7 t ha⁻¹ e a quantidade acumulada de N pode atingir a 151 kg ha⁻¹ (GONÇALVES, 2013; SILVA, 2018). Considerando uma proporção de 70% de nitrogênio derivado da FBN pode-se alcançar a uma quantidade de aproximadamente 90 kg ha⁻¹ de N derivado da FBN (SILVA, 2018).

As plantas podem ser espaçadas entre si de 0,5 m, na densidade de duas plantas por metro quadrado (GONÇALVES, 2013; SILVA, 2018), com uma densidade de semeadura de 0,5 kg ha⁻¹. Utilizando o espaçamento de 1 m entre linhas e 1 semente por metro linear pode-se alcançar uma densidade de semeadura de 1 kg ha⁻¹(SILVA, 2018).

A espécie é utilizada na função de adubo verde, quebra vento, em sistemas agrofloretais e no controle de erosão. Proporciona benefícios ao agroecossistema como, controle de plantas consideradas invasoras na agricultura, abrigo para inimigos naturais de insetos considerados pragas para a cultura que está sendo explorada e atração de polinizadores. Esse adubo verde pode ser manejado em sistemas de consórcio, como com café, milho e citros, ou então sucedendo culturas agrícolas (ORWA et al., 2009; GONÇALVES, 2013; DEVIDE, 2013; SILVA, 2018).

2.3.2. Torta de mamona

Na agricultura orgânica o aporte de nutrientes nos sistemas produtivos, sobretudo o nitrogênio, é um dos principais fatores que limitam o sucesso na implantação de uma cultura. Assim, os adubos devem apresentar teores adequados de nutrientes essenciais e uma liberação e disponibilização destes em velocidade compatível com a necessidade da cultura de interesse (CASTRO et al. 2005).

Para cada tonelada de semente de mamona processada são gerados 530 kg de torta de mamona (SEVERINO, 2005). O seu elevado teor de N, que é da proporção de 75,4 g kg⁻¹, faz com que seja muito utilizado como adubo em diversos países. Outros subprodutos tradicionalmente utilizados para adubação orgânica, como bagaço de cana, cinza de árvore e esterco bovino apresentam, respectivamente, 2,4; 5,1 e 7,7 g kg⁻¹ de N em sua composição (LIMA et al., 2011).

Severino et. al. (2005) estudaram a mineralização da torta de mamona através da técnica de medição da respiração microbiana e comparou-a com dois materiais orgânicos frequentemente utilizados como adubo: esterco bovino e bagaço de cana. Concluíram que o

solo que recebeu adição de torta de mamona apresentou atividade microbiana muito maior que o solo que recebeu esterco bovino ou bagaço de cana, indicando que sua decomposição é muito mais rápida e que seus nutrientes são rapidamente disponibilizados para a cultura logo após sua adição no solo, confirmando seu potencial como adubo orgânico. A quantidade de CO₂ mineralizada pela torta no período de 33 dias foi 6 vezes maior que a do esterco bovino e 14 vezes maior que a do bagaço de cana.

O aproveitamento de resíduos com elevada carga orgânica para elaboração de compostos utilizados como fertilizantes tem se mostrado uma possibilidade interessante para agricultores. A reutilização destes produtos propicia benefícios ecológicos e econômicos, uma vez que os destina e transforma-os em adubos que irão nutrir plantas de interesse econômico e, conseqüentemente, irão reduzir os custos com adubos químicos (SILVA et al. 2013).

2.3.3. Decomposição de biomassa vegetal

A deposição natural de folhas e galhos sobre o ecossistema terrestre representa o caminho primário para o retorno de nutrientes ao solo (KARBERG et al, 2008). Decomposição da biomassa, ciclagem de nutrientes e estabilização da matéria orgânica no solo são processos complexos regulados por três variáveis: o meio ambiente, a qualidade dos resíduos, e organismos decompositores (AITA E GIACOMINI, 2003; MOREIRA E SIQUEIRA, 2006; FREITAS, 2019). A decomposição da matéria orgânica é influenciada por fatores físicos, químicos e biológicos e é essencial para a ciclagem de nutrientes e fluxo de energia (FARJALLA et al., 1999; HOORENS et al., 2003; GESSNER et al., 2010). A matéria orgânica do solo é um importante indicador de sua qualidade, e o seu aumento leva a uma melhor ciclagem de nutrientes, capacidade de troca catiônica e produtividade (LEHMAN et al., 2015). O regime hídrico do solo tem forte influência na extração de nutrientes em solos tropicais, pois a água desempenha resultado na decomposição da matéria orgânica e transporte de nutrientes para a superfície das raízes. (SWAMY e PROCTOR, 1994).

Mensurar periodicamente a deposição da serapilheira e sua respectiva decomposição por meio de técnicas padronizadas, fornece informações cruciais sobre o ciclo de nutrientes e carbono em florestas. Os métodos atuais disponíveis incluem balanço de massa (ou do inglês “mass balance”), “tethered leaves”, “cohortlayered screen”, assim como a técnica de “litterbag”. Comum a qualquer metodologia, replicações suficientes são necessárias para estimar com precisão o nível de decomposição, assim como a seleção de locais (sítios) para sua implementação que devem ser representativos dos diversos microambientes prováveis de serem encontrados na floresta avaliada (KARBERG et al, 2008).

A abordagem *litter bag* é amplamente usada para estudar decomposição na superfície do solo. Folhas frescas da serapilheira são colocadas em sacos, malhas, (ou do inglês - “mesh”), repousados sobre o chão, e coletados em intervalos periódicos para medir a massa remanescente. Um subconjunto da serapilheira coletada será submetido à secagem para posterior estabelecimento das conversões molhadas para secas, de forma a serem comparadas. O tamanho da malha é geralmente escolhido de forma a otimizar o acesso de todos organismos à serrapilheira enquanto minimizando excessiva perda de partículas, apesar do tamanho da malha, também pode ser manipulado para excluir grupos funcionais dos decompositores da serrapilheira (KARBERG et al, 2008). Malhas muito pequenas não irão somente excluir certos organismos, mas também impede a perda de partículas para o solo mineral. Malhas de fibra de vidro têm sido recomendadas para locais de intensa luminosidade, onde a luz UV irá degradar o nylon e outros materiais (HARMON & LAJTHA, 1999). Embora malhas de 1-2 mm sejam mais comuns em estudos que utilizam a metodologia *litter*

bag, o tamanho da malha *litter bag* deve ser maior do que 2 mm caso o objetivo seja permitir a entrada de macrofauna (ROBERTSON & PAUL 1999).

O método *litterbag* apresenta algumas fraquezas e ressalvas a respeito de seu uso. Certos macro-invertebrados são excluídos dos *litter bags*, reduzindo assim as taxas de fragmentação da serapilheira. Contaminação por solos com alto teor de matéria orgânica necessita de correções. Cuidados precisam ser tomados com a finalidade de garantir uma representação realística da mistura de espécies da serapilheira e componentes, e que o posicionamento do *litter bag* não altere o microclima ou condições de decomposição. Apesar destas limitações, *litter bags* representam uma abordagem clássica para estimar taxas de decomposição no campo, particularmente porquê podem ser utilizados experimentalmente para quantificar taxas em várias escalas de tempo e a contribuição dos diferentes fatores, tais como temperatura e umidade (VITOUSEK et al., 1994).

Taxas de decomposição da serapilheira são controladas por três fatores principais: temperatura, umidade e qualidade da serapilheira. A estrutura da comunidade que compõe a fauna, especialmente a influência das minhocas, segundo Dechaine et al. (2005), está cada vez mais sendo reconhecida como um possível quarto fator importante. Onde há substrato disponível, a atividade microbiana no solo aumenta exponencialmente com a temperatura do solo, geralmente com a atividade microbiológica dobrada com o aumento de 10°C na temperatura (KIRSCHBAUM, 1995). Micro-organismos também podem ser limitados pela umidade do solo. Conforme a temperatura aumenta, a umidade do solo assume um papel cada vez maior na manutenção de altas taxas de atividade microbiológica. Como resultado, as taxas de decomposição da serapilheira fresca aumentam com ambos aumentos da temperatura e precipitação (KARBERG et al, 2008).

Este padrão geral de decomposição também pode ser influenciado pela variabilidade na qualidade da serapilheira. A qualidade refere-se às características de seus atributos químicos e físicos, que influenciam na sua susceptibilidade à decomposição. Serapilheira contendo altas concentrações de compostos lábeis, como açúcares e aminoácidos, tendem a ser decompostos rapidamente, visto que estes compostos podem ser prontamente metabolizados por micro-organismos do solo ou lixiviados. Por exemplo, compostos estruturais lábeis como a celulose são rapidamente quebradas por exoenzimas em sub-unidades de açúcar, os quais podem novamente ser metabolizados por micro-organismos. Por outro lado, compostos estruturais recalcitrantes (que resistem) como a lignina e a quitina são moléculas grandes demais para atravessar a membrana celular, sendo então lentamente processados por enzimas extracelulares, acarretando na liberação lenta de N e P para o crescimento microbiano contínuo (KARBERG et al, 2008).

2.3.4. Decomposição da biomassa de leguminosas

Plantas da família das leguminosas, quando comparadas às plantas de outras famílias, têm baixa relação C/N, o que favorece os processos de decomposição e mineralização da matéria vegetal por ação de microrganismos do solo, acelerando a ciclagem de nutrientes (GONÇALVES JÚNIOR, 2013; ZOTARELLI, 2000).

O uso de biomassa na agricultura depende, sobretudo, da sua potencialidade em dispor nutrientes na ocasião adequada (OLIVEIRA et al., 2018). As condições climáticas da região afetam a dinâmica desses materiais no solo (FREIRE et al., 2010; HOLANDA et al., 2015; SILVA et al., 2021).

Fatores ambientais locais e as características químicas de cada espécie vegetal, irão influenciar a dinâmica de decomposição dos resíduos, o que acarreta uma grande variabilidade nas taxas de decomposição (GOMES et al., 2005; MEHL et al 2010). Nos

sistemas agrícolas, as taxas de decomposição, geralmente, são mais rápidas do que nos sistemas florestais, onde seus resíduos tendem a apresentar componentes menos recalcitrantes, o que favorece a degradação pelos microrganismos, acarretando em acelerada decomposição na fase inicial. (COLEMAN&CROSSLEY 1996; PEGADO et al., 2008)

Quando utilizamos plantas leguminosas adicionadas ao solo após o corte com o objetivo de fornecer nitrogênio para a cultura associada, é importante considerarmos a quantidade de nitrogênio contida na biomassa da leguminosa e os tempos de meia vida do resíduo e do nutriente contido nele.

Tempo de meia vida do resíduo, ou do nutriente, é o tempo necessário para que metade do material, ou nutriente, remanescente seja decomposto, ou liberado no sistema (PAUL&CLARK, 1989). O entendimento desse conceito de meia vida permite a adoção de estratégias para que a decomposição dos resíduos da planta utilizada na função de adubo verde viabilize o fornecimento do nitrogênio em quantidade suficiente e nos períodos de demanda da cultura agrícola associada, otimizando essa prática de adubação orgânica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição do local do experimento agrícola

O experimento foi realizado no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), conhecido como *Fazendinha Agroecológica Km 47*, localizado nas coordenadas geográficas 22°45'48" S e 43°41'23" W, no município de Seropédica-RJ (Figura 2). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com maiores concentrações das chuvas entre os meses de novembro e março, precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 23,9°C (CARVALHO et al., 2006). As características químicas do Planossolo Háplico na camada de 0 – 20 cm foram as seguintes: % Corg = 1,04 %; Al = 0,00 cmol_c dm⁻³; ³Ca = 3,77 cmol_c dm⁻³; H + Al = 1,48 cmol_c dm⁻³; K = 198,04 mg dm⁻³; P = 93,37 mg dm⁻³ e pH = 6,61. A figura 1 ilustra os dados mensais de precipitação pluviométrica e temperatura média do ar durante a condução do experimento e localização da área, respectivamente.

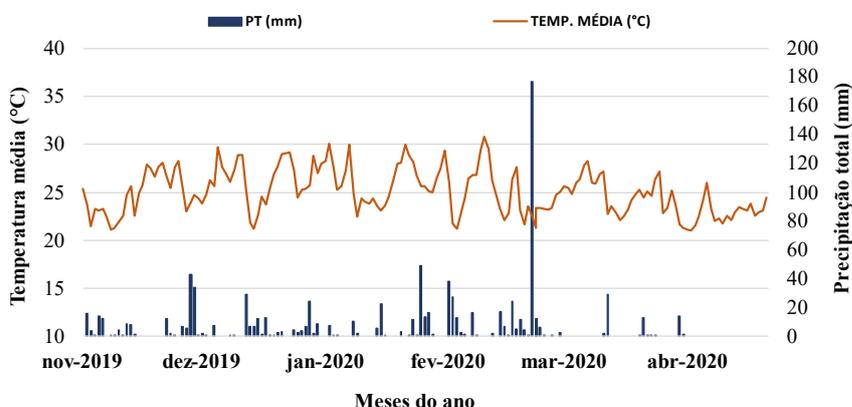


Figura 1. Variação mensal de precipitação pluviométrica e temperatura média do ar (novembro 2019 a abril 2020), durante a condução do experimento. Fonte: INMET Estação automática de Seropédica / RJ, Km 47.

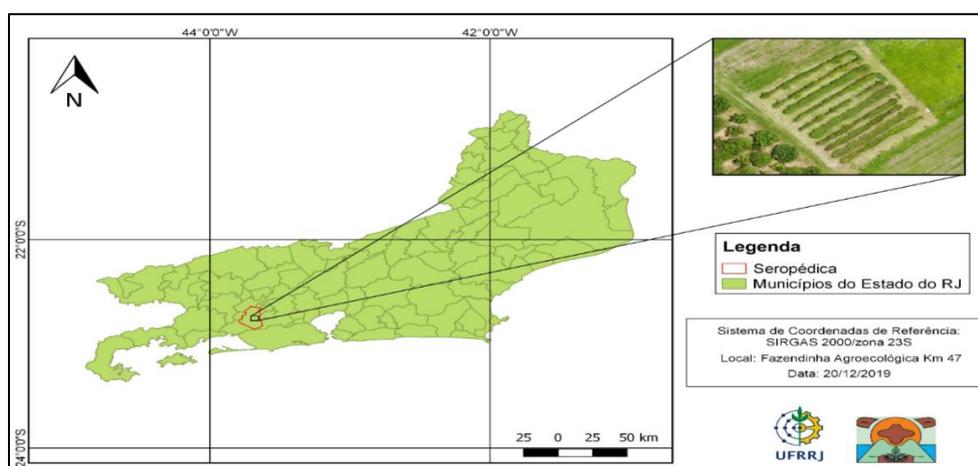


Figura 2. Localização da área experimental.

3.2. Descrição do experimento e parâmetros de avaliação

3.2.1. Fontes vegetais para a adubação do maracujazeiro

O plantio das mudas de maracujá no campo foi realizado em agosto de 2019. A área experimental foi de 300 m², em um Planossolo Háplico (Embrapa, 2006) e continha 49 plantas de maracujá (*Passiflora edulis*) de uma cultivar que está em fase de validação da variedade e cujo código é H09-110/111. O maracujá foi plantado berços de 40 cm x 40 cm x 40 cm, com espaçamento de 2 m entre plantas por 3 m entre linhas e a adubação de base foi realizada com 5 litros de esterco bovino curtido mais a base fosfatada com 150 gramas de fosfato da marca Yoorin. O sistema de condução utilizado foi o espaldeamento vertical com um fio de arame liso. Não foi utilizada irrigação e polinização artificial.

O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados (DBC) com 4 tratamentos e 3 repetições com intuito de avaliar as fontes de N na adubação do cultivo de maracujá. Os tratamentos consistiram em: Tratamento 1 – testemunha (sem adubação); Tratamento 2 - torta de mamona (TM); Tratamento 3 - biomassa fresca de tefrósia (BFT); Tratamento 4 - a combinação de 50% de torta de mamona + 50% de biomassa fresca de tefrósia (TM+BFT);

A dosagem de N fixa foi de 180 kg N ha⁻¹, estabelecida com base na tabela de adubação para a cultura proposta por Borges et al. (2002). O N foi aplicado via biomassa, com a tefrósia, e composto orgânico, com a torta de mamona. Dividiu-se essa dosagem em três aplicações, espaçadas num período de tempo, com 60 kg N ha⁻¹ cada.

Foram coletadas amostras do caule e folha da tefrósia frescas e, em seguida, os materiais foram pesados, armazenados em sacolas de papel, identificados e levados para uma estufa com ventilação forçada à uma temperatura de 65° C até a obtenção de massa constante para determinar a massa seca.

Considerando os dados quantitativos da matéria seca (MS) e que o percentual de N medido na tefrósia foi de 2,5%, foi possível determinar a quantidade de N por quilo de MS da planta e o quanto de BFT seria necessário aplicar, por planta, para que atenda a dosagem de 180 kg ha⁻¹.

Então, após alguns cálculos e ajustes, foi determinado que a quantidade de BFT necessária para fornecer 60 kg N ha⁻¹, que é a dose de N por adubação, seria de 4 kg de BFT por planta de maracujá do T3. Com os dados de densidade de plantio, que foi de 1633 plantas ha⁻¹, e 5% de teor de N da torta de mamona, o cálculo determinou que a dosagem de TM, por adubação, no T2, seria de 734 g planta⁻¹ do tratamento. A tabela 2 apresenta as quantidades aplicadas no cultivo do maracujá nos diferentes tratamentos.

Tabela 2. Tratamentos e quantidades de adubo utilizadas no experimento

Tratamento (fonte de adubo)	Quantidade de adubo (kg)
Testemunha (T1)	0
Torta de mamona (T2)	0,734
Tefrósia (T3)	4
Torta de mamona (T2) + Tefrósia (T4)	0,367 + 2

As tefrósias estavam dispostas em fileiras nas entre linhas do maracujazeiro. A linha de maracujá da bordadura esquerda foi descartada do experimento e somente 36 das 49 plantas foram avaliadas. A gleba foi dividida em três blocos com os quatro tratamentos, totalizando 12 parcelas, e cada tratamento continha três plantas úteis de maracujazeiro. Foi feito um sorteio e os tratamentos foram distribuídos na área (Figura 3).

Área Experimental

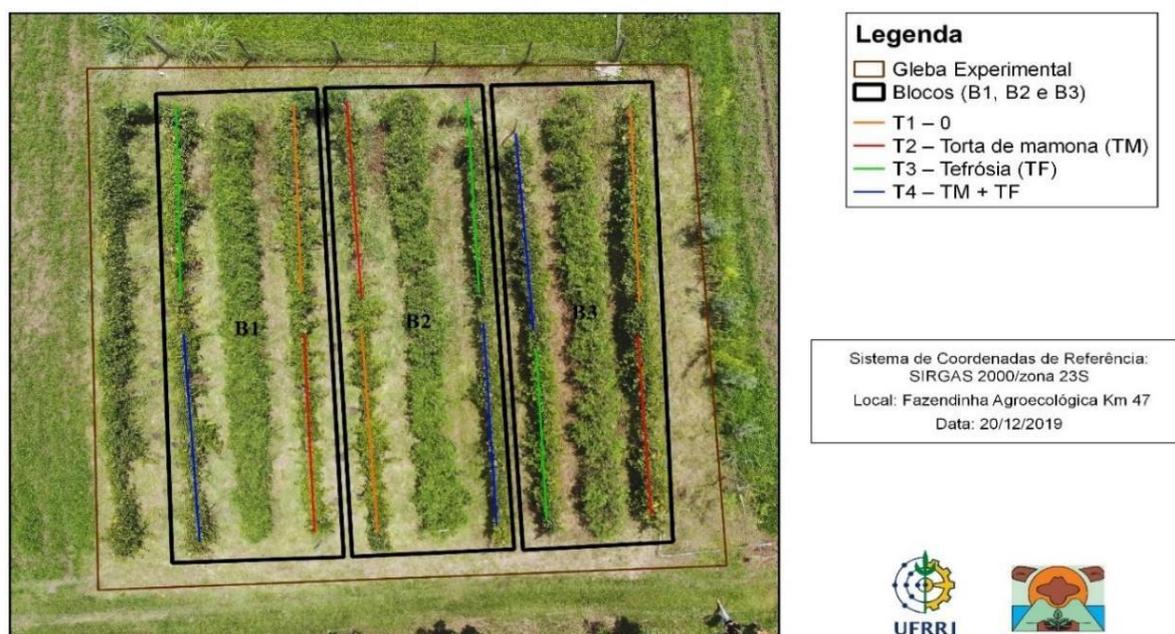


Figura 3. Imagem aérea da área experimental.

As podas das tefrósias foram realizadas periodicamente na fase de pré-floração da leguminosa e o material com folha, pecíolo e caule foi podado com motosserra à uma altura de 1,20m e aparado com tesoura de poda. O material foi selecionado, quantificado, dividido e as respectivas dosagens foram aplicadas em cada tratamento.

O experimento teve início no dia 28/11/2019, com a primeira adubação, a segunda foi no dia 10/01/2020 e a terceira no dia 20/04/2020. A colheita foi realizada numa área útil de 300m², semanalmente e perdurou por dez semanas consecutivas. A primeira coleta de frutos foi no dia 09/04/2020 e a última no dia 12/06/2020, totalizando dez coletas nesse intervalo de tempo. Os frutos foram coletados e separados por bloco e tratamento (Figura 4) e, posteriormente, identificados, quantificados por número e peso para calcular a produtividade total e medir o °Brix (Figura 4).



Figura 4. Maracujás colhidos (imagens A e B) e medição do °Brix (imagem C).

3.2.2. Avaliação da taxa de decomposição da biomassa vegetal da tefrósia

A decomposição da biomassa vegetal da tefrósia foi avaliada por meio do método das sacolas de decomposição (*litter bags*). Foram utilizadas biomassas de folhas, caule e folhas + caule. As sacolas de decomposição foram confeccionadas de tela plástica com 4 mm de abertura e dimensões de 25 cm x 25 cm (Figura 6). As sacolas de decomposição foram preenchidas com três materiais de poda distintos: folha (T1); caule (T2) e folha + caule (T3), sendo o caule com até 15 mm de espessura.

Determinou-se que a quantidade de material fresco armazenado em cada *litter bag* seria de 110g. Esse peso correspondeu a um volume que coube confortavelmente dentro das sacolas sem que o material ficasse compactado, o que representa a realidade no campo numa situação de poda e incorporação de biomassa. Os pesos secos correspondentes para os materiais folhas, caule e folhas+caule foram de 37,53, 51,18 e 43,94g, respectivamente. A proporção caule/folha utilizada nesse tratamento foi a apresentada no terço superior dos ramos da planta. Foi feita uma poda no terço superior das plantas de tefrósia e os ramos com folhas e diâmetro até 15mm de espessura foram selecionados. No estudo de Gonçalves Júnior (2013), avaliando a relação caule/folha da *Tephrosia sinapou*, foi encontrada relação 3,66/1 aos 210 dias após a semeadura.

O material foi fragmentado, com uma tesoura de poda, em pedaços de até 20 cm, para que coubesse na sacola de decomposição, em seguida foi homogeneizado na proporção

caule/folha apresentado nessa parte da planta e acondicionados nas sacolas. No tratamento caule foram utilizados materiais com até 15 mm de espessura.

A avaliação da decomposição dos resíduos vegetais da tefrósia foi realizada nas entrelinhas de um pomar de maracujazeiro-amarelo conduzido sob manejo orgânico.

O experimento foi conduzido no delineamento de blocos inteiramente casualizados. A gleba experimental foi dividida em três blocos (Figura 5). Em cada bloco foram acondicionadas 30 *litter bags*, sendo 10 repetições de cada material, totalizando 30 parcelas por bloco e 90 parcelas no total. Através do programa estatístico SISVAR, foi feito um sorteio para determinar a distribuição das sacolas em cada bloco. As coletas das sacolas foram aos 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 90, 120 e 150 dias após a instalação no campo. Foram consideradas três repetições por cada tempo de coleta. Em cada coleta foram retiradas três sacolas de cada material, totalizando nove sacolas por coleta.



Figura 5.Área experimental com os blocos distribuídos. Fonte: o autor (2019).

Antes da instalação das sacolas de decomposição no campo foi feita uma roçada para limpeza da área. Formou-se uma camada de palha com a poda das espontâneas e, adicionalmente, parte do material podado da tefrósia foi colocada na superfície do solo para assegurar que as sacolas não ficassem em contato direto com o terreno, pois frações do solo são misturadas ao material remanescente das sacolas quando ficam em contato direto com o solo, principalmente na época das chuvas, o que pode dificultar a limpeza e homogeneidade do material remanescente na ocasião de coleta das sacolas e, conseqüentemente, pode comprometer na exatidão dos resultados do estudo.

O experimento teve início no dia 11/11/2019 e finalizou em 09/04/2020, 150 dias após o início.

Para a instalação do experimento, as sacolas de decomposição foram preenchidas com os respectivos materiais, identificados (Figura 6), levados ao campo e deixados em contato com o solo nas entrelinhas do maracujazeiro (Figura 7).

Em cada dia de coleta, as bolsas foram retiradas do campo, acondicionadas e transportadas para o laboratório onde passaram por um processo de limpeza. Com o auxílio de

pinel, foram retiradas partículas indesejadas, como raízes de ervas espontâneas, solo ou qualquer outro material que não fosse proveniente da biomassa original. Em seguida, o material remanescente foi identificado em sacos de papel e colocado para secar em estufa de circulação de ar forçada a 65°C, durante 72 horas, até a obtenção da massa constante. Posteriormente, obteve-se o peso da matéria remanescente através de uma balança de precisão de 0,0001g. Também foram feitas análises para obtenção dos teores de C e N do material remanescente de cada sacola coletada.



Figura 6. Materiais sendo quantificados e separados (imagem A) para colocar nas sacolas de decomposição (imagem B).



Figura 7. Sacolas de decomposição dispostas nas entrelinhas.

3.3 Análises estatísticas

3.3.1 Fontes de adubação do maracujazeiro

Para comparar os tratamentos, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e foram feitas comparações de média pelo teste Tukey a 5% de significância com auxílio do programa estatístico SISVAR.

3.3.2 Taxa de decomposição da biomassa vegetal da tefrósia

Para descrever o padrão de decomposição e a liberação de N da biomassa vegetal, os dados foram ajustados a um modelo matemático exponencial (Eq.1), descrito por Wieder & Lang (1982), utilizado por Espindola et al. (2006):

$$X = X_0 e^{-kt} \quad (\text{eq.1})$$

em que:

X_t = peso do material seco remanescente após t dias (g m^{-2});

X_0 = peso do material seco colocado nos sacos no tempo zero (g m^{-2});

k = constante de decomposição da biomassa seca (dia^{-1}).

Para calcular a meia-vida ($t_{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para que 50 % da biomassa remanescente seja decomposta, utilizou-se a equação (2), descrita por Paul & Clark (1989) e utilizada por Espindola et al. (2006):

$$t_{1/2} = \ln(2)/k \quad (\text{eq.2})$$

em que:

$t_{1/2}$ é a meia-vida de biomassa seca;

\ln = logaritmo natural

k é a constante de decomposição da biomassa seca. Os coeficientes da equação de regressão foram obtidos por meio do software Sigma Plot for Windows 14.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Decomposição da biomassa vegetal da tefrósia

Observou-se que a perda da massa da fração foliar foi bem mais rápida do que a perda da massa da fração caule. Aos 38 dias metade da biomassa inicial da fração foliar já havia sido decomposta, enquanto que o material de caule teve tempo de meia vida pouco maior que 150 dias. Para fração foliar, 120 dias foi suficiente para que 100% dessa biomassa fosse decomposta, enquanto para fração caule, mesmo no final do estudo (150 dias), ainda restava mais de 50% da biomassa inicial. Para fração folha + caule, 150 dias também não foi suficiente para completa deposição (Figura 8). As partes mais lignificadas, caule e galhos dos ramos, tendem a ter mineralização mais lenta. Segundo Gonçalves et al (2012), o diâmetro do caule influencia o manejo da espécie e sua taxa de decomposição. Quanto mais finos os caules, mais facilmente são manejados e, também, apresentam uma decomposição mais rápida. Abaixo, segue gráficos de perda de massa das biomassas da tefrósia (Figuras 8, 9, 10, 11 e 12).

4.1.1 Matéria seca remanescente de folha

O modelo exponencial simples foi único a ajustar. Indica que toda a matéria seca de folhas se decompõe em um padrão semelhante.

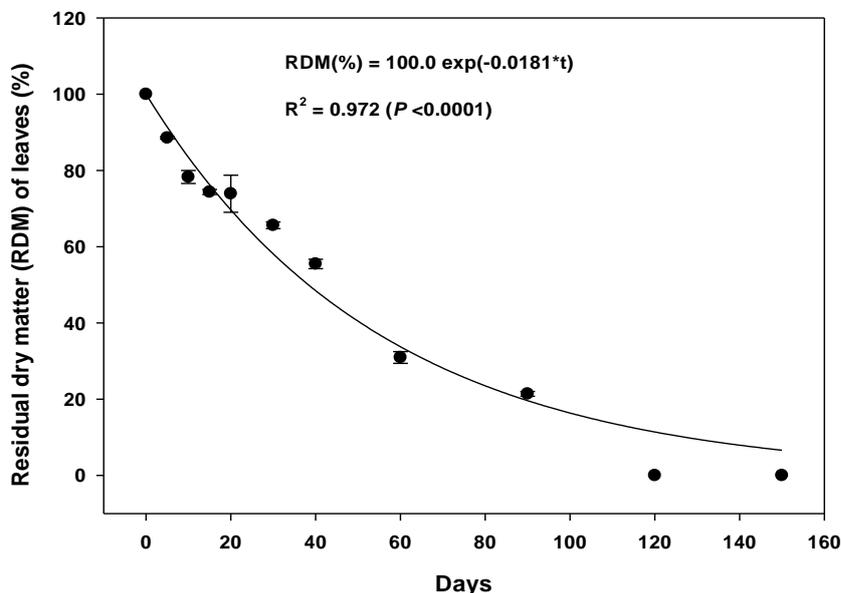


Figura 8. Biomassa seca remanescente da folha de tefrósia até 150 dias após instalação dos *litter bags* no campo. Seropédica, RJ, 2020. Modelo exponencial simples.

4.1.2 Matéria seca remanescente de caule

O modelo exponencial duplo mostrou melhor ajuste do que o simples, indicando que toda a matéria seca do caule pode ser representada por dois compartimentos, um de mais rápida decomposição, e outro mais recalcitrante.

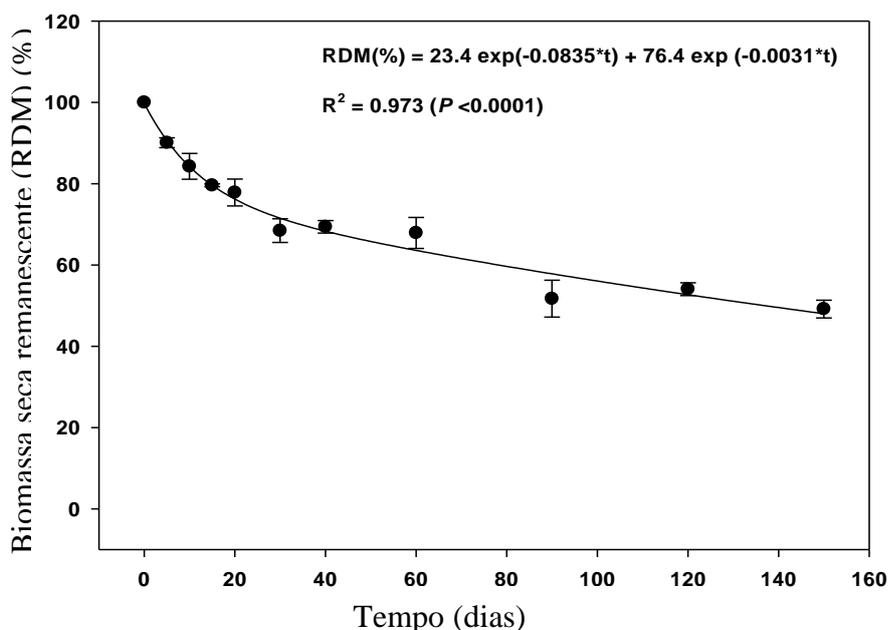


Figura 9. Biomassa seca remanescente do caule de tefrósia até 150 dias após instalação dos *litter bags* no campo. Seropédica, RJ, 2020. Modelo duplo exponencial.

4.1.3 Matéria seca remanescente de folha + caule

O modelo exponencial simples mostrou melhor ajuste estatístico do que o duplo, indicando que toda a matéria seca de caule pode ser representada por um único compartimento, apesar de que visualmente o duplo exponencial seja melhor.

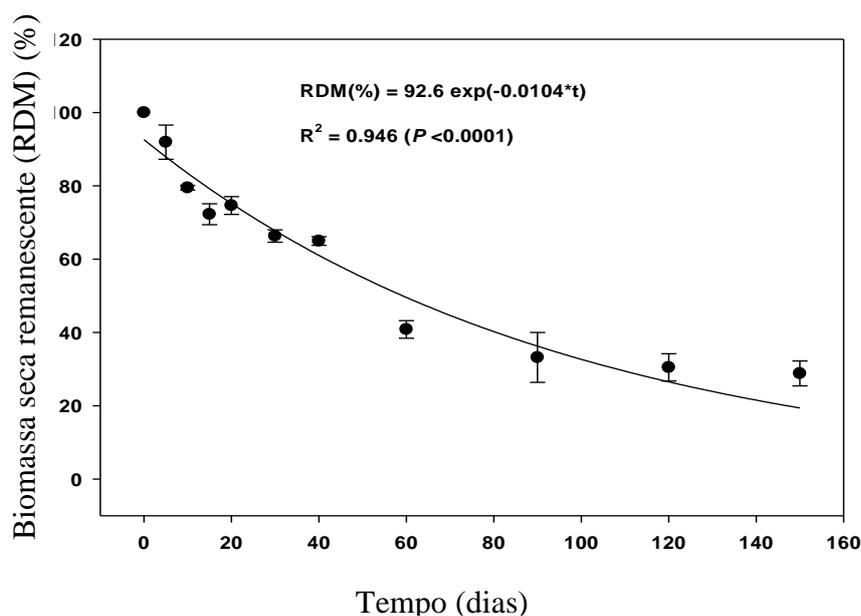


Figura 10. Biomassa seca remanescente caule + folha de tefrósia até 150 dias após instalação dos *litter bags* no campo. Seropédica, RJ, 2020. Modelo exponencial simples.

No modelo exponencial duplo, no material de caule + folha, seria necessário um maior número de observações ao longo do tempo para melhorar a estatística dos parâmetros.

Nos 30 primeiros dias houve maior velocidade na decomposição da biomassa dos materiais. A rápida perda de massa na fase inicial pode ser atribuída à perda de massa de componentes facilmente decomponíveis, podendo estar associada à processos de fotoxidação, ataque microbiano, fragmentação do material pela atividade da macro e mesofauna, assim como eventos de chuva durante este período (SALL et al.,2003; MOREIRA E SIQUEIRA, 2006; FREITAS, 2019).

No presente estudo, a fase inicial, entre 30 e 40 dias, foi marcada por bastante eventos de chuvas, o que pode estar associado a maior velocidade da perda de massa da tefrósia nesse momento. O período mais lento da perda de massa está, provavelmente, associado ao aumento proporcional no conteúdo de compostos mais recalcitrantes, como lignina e polifenóis, que tendem a reduzir a taxa de decomposição (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006; FREITAS, 2019). Após esse momento de acelerada velocidade de perda de massa dos materiais da tefrósia, a decomposição dos resíduos continua, porém em velocidade reduzida. Essa redução de velocidade se deu em momentos onde os resíduos da fração foliar, tratamento 1, já haviam sofrido ação decompositora até a meia vida, 38 dias, e o material remanescente possuía estruturas mais resistentes, nervura e pecíolo. No tratamento 3, caule + folha, o tempo de meia vida do resíduo foi de 66 dias e a redução da velocidade de decomposição foi no momento em que material remanescente apresentava maior relação C/N, após a perda de massa da fração mais facilmente decomponível, as folhas. No tratamento 2, fração caule, o tempo de meia vida foi mais extenso, 150 dias, devido as estruturas mais resistentes do material. A tabela 3 mostra as constantes de decomposição e os tempos de meia-vida das distintas partes da tefrósia.

Tabela 3. Coeficientes da equação de regressão, $X = X_0 e^{-kt}$, e tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) para decomposição da biomassa seca da tefrósia ao longo do tempo (150 dias) após a implantação dos *litter bags* no campo. Seropédica, RJ, 2020.

Parte da planta	X ₀ (%)	k	R ²	t _{1/2} (dias)
Folha	37,53	0,0181	0,97**	38,30
Caule	46,51	0,0046	0,94**	150,68
Caule + folha	40,69	0,0104	0,96**	66,65

** , significativo a 1%; X₀, peso do material seco no tempo 0 (g m⁻²); K, constante de decomposição da biomassa seca (dia⁻¹); R², coeficiente de determinação.

Esses resultados demonstram que o caule tem potencial para servir como cobertura vegetal, enquanto as folhas e folhas + caule possuem dupla aptidão, cobertura e fornecimento de N. Não foi encontrado estudo algum analisando a decomposição dos resíduos da biomassa da tefrósia, porém, diversos estudos na mesma área foram realizados avaliando a decomposição de diferentes leguminosas. Dentre eles, Sousa et al., (2018) observaram que o t_{1/2} para biomassa aérea da *Leucaena leucocephala* é de 41 dias, portanto, 25 dias menor que o observado para tefrósia no presente estudo.

Salmi et al (2013) avaliaram a decomposição da fitomassa da *Flemingia (Flemingia macrophylla)* durante 150 dias. Os tempos de meia vida da matéria seca de folha, caule e folha + caule foram de 91, 95 e 97 dias, respectivamente. Observa-se que o padrão de decomposição da tefrósia, obtido neste estudo, é bastante distinto do padrão da *Flemingia*. Enquanto todas as partes de *Flemingia* necessitam de mais de 90 dia para decompor 50% da biomassa inicial, as folhas de da tefrósia necessitam de apenas 38 dias. Apesar de ambas as espécies, tefrósia e *flemingia*, serem plantas leguminosas e de porte arbustivo, os distintos padrões de decomposição evidenciam a importância do conhecimento da dinâmica da decomposição da biomassa de plantas utilizadas como fonte de adubo na agricultura. Quando utilizamos plantas leguminosas em associação ou adicionada ao solo após o corte, devemos nos atentar não somente ao habito de crescimento e porte da planta, para que não haja competição por luz, nutrientes e espaço, mas também com a dinâmica de decomposição da biomassa e liberação de nutrientes, que deve ser em sincronia com a demanda da cultura de interesse agrícola.

No mesmo local do presente estudo, outras culturas utilizadas como adubos verdes foram estudadas e os t_{1/2} foram de 40 dias para *Crotalaria juncea*, 38 dias para *Mucuna cinerea* e 21 dias para *Gliricidia sepium* (COELHO et al., 2006; SILVA et al., 2007). A *Crotalaria juncea* e *Mucuna cinerea* apresentaram uma dinâmica de t_{1/2} semelhantes as observadas na fração foliar da tefrósia (Tabela 3). Desta forma, podemos dizer que a folha da tefrósia se compara com a biomassa de mucuna que é uma leguminosa herbácea e de fácil decomposição. Como não foi encontrado estudo algum referente a decomposição da biomassa da tefrósia, comparações com a decomposição dos resíduos de outras plantas leguminosas são importantes para termos referências da dinâmica da decomposição de plantas dessa família.

Paula et al. (2015) avaliaram a decomposição das podas das leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima* em um sistema agroflorestal, também nas condições da Baixada Fluminense. O t_{1/2} e constantes de decomposição da matéria seca (k) foram avaliados tanto na estação chuvosa quanto na seca e, os valores obtidos foram: t_{1/2} = 24 dias e k = 0,029 para a *Gliricidia sepium* na estação seca e t_{1/2} = 14 dias e k = 0.048 na estação

chuvosa. Já a *Acacia angustissima* obteve $t_{1/2} = 93$ dias e $k = 0,007$ na estação seca e $t_{1/2} = 53$ dias e $k = 0,012$ na estação chuvosa.

Esses resultados obtidos evidenciam que o clima tem influência na velocidade de decomposição da biomassa de vegetais. Então, neste presente trabalho, provavelmente, as chuvas durante o período experimental associada a outros fatores climáticos como a umidade e temperatura elevadas, aceleraram o processo de decomposição das biomassas dos tratamentos da tefrósia.

4.2 Liberação de nitrogênio remanescente

Quando comparados os tempos de meia vida do nitrogênio nas biomassas dos tratamentos da tefrósia, observou-se que a maior velocidade de liberação se deu no material da fração foliar, tratamento 1, seguido do material de caule + folha, tratamento 3, e o material do caule, tratamento 2, respectivamente. Abaixo, segue gráficos de liberação de N das biomassas da tefrósia (Figuras 13, 14 e 15) e tabela 5 com os tempos de meia vida do N e suas respectivas constantes de decomposição.

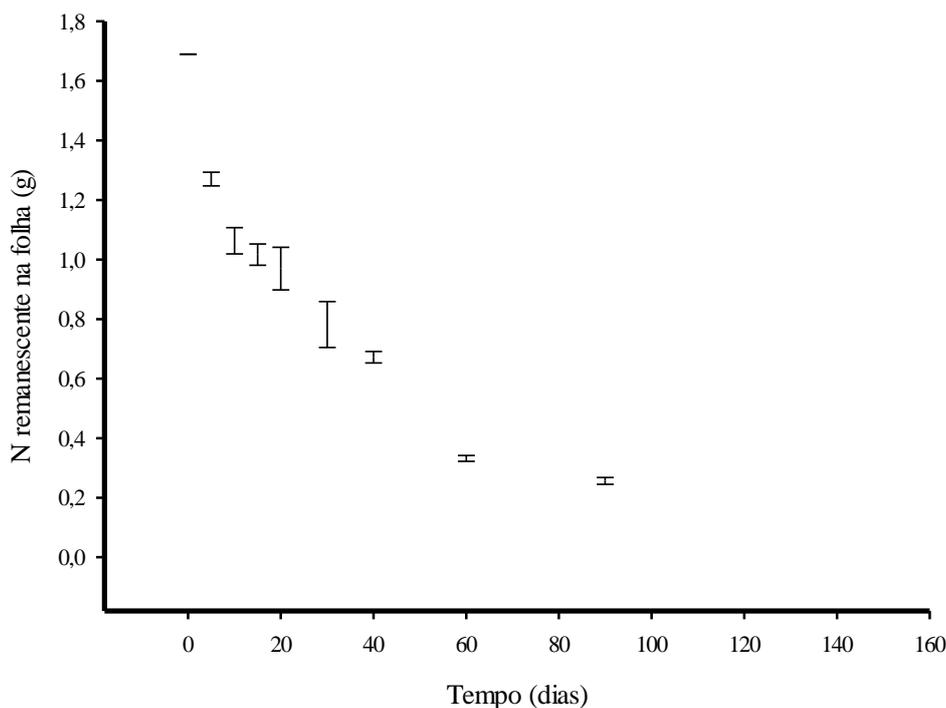


Figura 11. Nitrogênio remanescente da folha de tefrósia até 150 dias após instalação dos *litter bags* no campo. Seropédica, RJ, 2020.

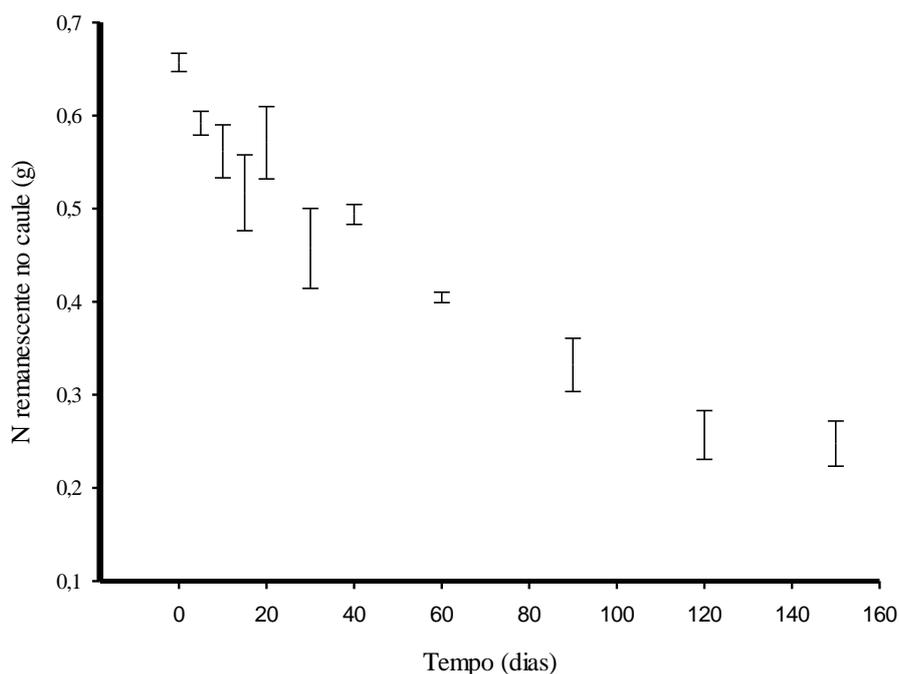


Figura 12. Nitrogênio remanescente do caule de tefrósia até 150 dias após instalação dos *litter bags* no campo. Seropédica, RJ, 2020.

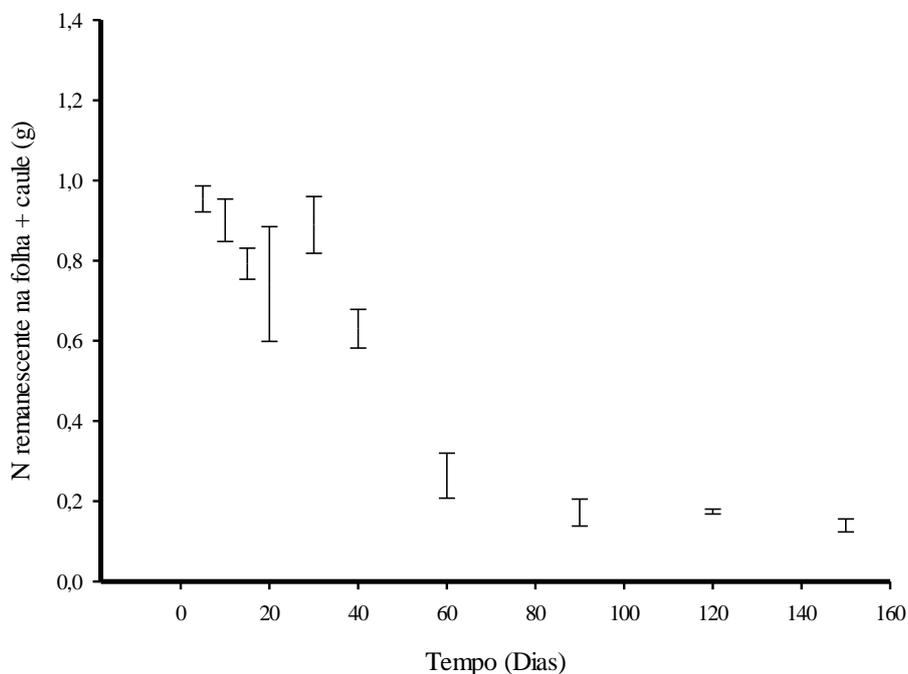


Figura 13. Nitrogênio remanescente do caule + folha de tefrósia até 150 dias após instalação dos *litter bags* no campo. Seropédica, RJ, 2020.

Neste trabalho, a relação C/N obtidas nos materiais de folha, caule e caule + folha foram de 10/1, 32/1 e 15/1, respectivamente (Tabela 4). Os materiais com menor relação C/N obtiveram as maiores velocidades de liberação do N nas biomassas dos tratamentos da

tefrósia. A fração foliar obteve o menor tempo de meia vida do N, 29 dias, seguido do material de caule + folha, 38 dias, e a fração caule obteve o maior tempo de meia vida do N, 102 dias.

Tabela 4. Teores de C e N iniciais e relação C/N

Parte da planta	%C	%N	C/N
Folha	44,4	4,5	10/1
Caule	42,4	1,3	32/1
Folha + Caule	44,2	3,0	15/1

A fração foliar da tefrósia, neste trabalho, apresentou uma quantidade de N considerada alta para uma planta leguminosa, 4,5%. Essa quantidade é próxima a de compostos orgânicos, como a torta de mamona, que apresenta cerca 5% de N, em geral. Mesmo na meia vida, a fração foliar apresentou mais nitrogênio do que o material de caule em seu tempo inicial (t_0). Então, após a meia vida, essa fração da planta continua liberando N em maior quantidade e velocidade do que o material de caule, mesmo no seu tempo inicial.

Aos 120 dias 100% do nitrogênio da fração foliar já estava disponível no sistema, enquanto que nas sacolas dos outros tratamentos ainda havia material remanescente e nitrogênio contido neles, mesmo após o fim do experimento, 150 dias.

A velocidade de liberação de N foi comparada com a da decomposição dos resíduos das biomassas dos tratamentos da tefrósia e foi observado que a liberação de N foi mais rápida do que a decomposição da biomassa da leguminosa, em todas as frações da tefrósia avaliadas.

Para a fração folha, o $t_{1/2}$ do N foi de 29 dias, portando, nove dias menor que o $t_{1/2}$ da biomassa. No caule, o $t_{1/2}$ do N foi de 102 dias, o que representa uma redução de 48 dias em relação a biomassa. Quanto a mistura de folha + caule o $t_{1/2}$ do N foi de 38 dias, ou seja, 28 dias menor que o $t_{1/2}$ da biomassa. A liberação mais rápida de N na etapa inicial da decomposição está correlacionada à perda de frações desse nutriente solúvel em água (GIACOMINI et al., 2003; AITA & GIACOMINI, 2003; RIBAS et al., 2010).

Ribas et al. (2010) estudaram a decomposição da mucuna-cinza, na região de Viçosa - MG e obtiveram um $t_{1/2}$ do N 10 dias menor que o $t_{1/2}$ da matéria. Diniz et al (2007) também estudaram a decomposição da mucuna-cinza e encontraram resultados similares, onde o $t_{1/2}$ do N foi 11 dias menor que o $t_{1/2}$ matéria seca. Apesar desses processos de decomposição e liberação de nitrogênio serem concomitantes, esses resultados mostram uma tendência de liberação de N mais rápida do que a decomposição da biomassa de leguminosas e sugerem que essa mesma dinâmica possa ter ocorrido no presente estudo. Os estudos evidenciam que o tempo de meia vida do nitrogênio contido na biomassa das leguminosas é, em geral, menor do que o tempo de meia vida do próprio resíduo dela.

Tabela 5. Coeficientes da equação de regressão, $X = X_0 e^{-kt}$, e meia-vida ($t_{1/2}$) para liberação de nitrogênio da biomassa da tefrósia ao longo do tempo após a implantação dos litter bags no campo. Seropédica, RJ, 2020.

Parte da planta	X_0	k	R^2	$t_{1/2}$
N-folha	1,5332	0,0242	0,97**	29
N-caule	0,6162	0,0068	0,97**	102
N-caule + folha	1,1577	0,0182	0,96**	38

** , significativo a 1%, X_0 , quantidade de N no tempo 0 ($g\ m^{-2}$); K , constante de liberação do N (dia^{-1}); R^2 , coeficiente de determinação.

De acordo com as figuras 9, 10 e 11, observa-se que a maior liberação de N ocorre nos 30 primeiros dias. Assim, após a liberação de 50% do N, o restante segue uma taxa de liberação mais lenta. Contudo, cabe destacar que o maracujá por ser uma cultura de ciclo longo, provavelmente é beneficiado com todo N liberado pela biomassa. O período de maior demanda do nutriente na cultura do maracujazeiro é na fase de produção, que é a partir de 180 dias após o plantio, entre o sexto e décimo mês após o plantio. Então, entre os meses de fevereiro e maio foi o período em que a planta mais necessitou dos nutrientes. Conforme já descrito por Marteleto (1991), a carência do N irá resultar em crescimento lento, reduzido porte da planta, ramos finos e em menor número e, conseqüentemente, menor produtividade. A produtividade esperada se dá em função da quantidade de N aplicada nessa fase. Então, uma estratégia para otimizar o uso da biomassa da tefrósia como fonte de nitrogênio para a cultura do maracujazeiro, é a realização da poda e distribuição dos resíduos vegetais na superfície do solo em momentos diferentes, de maneira que liberação do nutriente ocorra nas fases de maior demanda da cultura.

Considerando a tabela de recomendação de adubação proposta por Borges et. al (2002) e a dosagem de $180\ kg\ N\ ha^{-1}$ nas fases de formação e produção, dosagem utilizada neste trabalho, o primeiro momento seria na ocasião do plantio, ou cerca de dez dias antes, aplicando-se $60\ kg\ N\ ha^{-1}$, na forma de biomassa da leguminosa, para que por volta de 30 dias após o plantio o nutriente já esteja na sua meia vida e disponibilize $30\ kg\ N\ ha^{-1}$ no sistema, que é a dosagem de N recomendada entre 30 e 60 dias após o plantio. O segundo momento seria por volta dos 60 dias após o plantio, adubando com mais $60\ kg\ N\ ha^{-1}$, via biomassa. O terceiro, e último momento, seria cerca de 140 dias após o plantio, aplicando-se mais $60\ kg\ N\ ha^{-1}$, para que quando o maracujazeiro entrar na fase de produção, 180 dias após o plantio, o nutriente do resíduo esteja na meia vida e já disponível em quantidade suficiente, naquele momento, para obtenção da produtividade média da cultura.

No estudo de Salmi et al. (2013), onde foi avaliada a decomposição e liberação de N das distintas partes da flemingia, a fração foliar e a mistura de folha + caule obtiveram o padrão da decomposição e liberação de N distintos dos encontrados neste trabalho. Na folha, o tempo de meia vida da matéria seca foi de 91 dias e o da liberação de N superior, 116 dias. Já na mistura de folha + caule foi de 97 para decompor metade da biomassa e 99 dias para liberar 50% do N. O material do caule teve um padrão de decomposição e liberação de N semelhante ao encontrado no material de caule neste trabalho. Estimou-se 95 dias da meia vida da biomassa, 102 dias para liberação de 50% do N e a constante de decomposição igual a 0,0068. Apesar de o tempo de meia vida da matéria seca ser inferior ao encontrado neste

trabalho, o tempo de meia vida da liberação de N e a sua respectiva constante de liberação, foram idênticos ao encontrado no caule da tefrósia.

Gama-Rodrigues et al (2007), no noroeste do Estado do Rio de Janeiro, também estudaram a taxa de decomposição e liberação de nutrientes em culturas de cobertura no cultivo do maracujazeiro. Nesta experiência, o feijão-de-porco foi estimado t ½ da matéria seca de 52 dias e 43 dias para a liberação de N, enquanto que no amendoim forrageiro os t ½ da matéria seca e liberação de N foram de 60 e 64 dias, respectivamente. Os autores neste mesmo trabalho avaliaram a decomposição de outras culturas de cobertura e, uma das conclusões, é que a relação C/N tem capacidade preditiva apenas para as taxas de liberação de N e P. Quanto maior a relação C/N, menor foi a taxa de liberação de desses nutrientes por ação dos microrganismos decompositores.

Os dados obtidos indicam que a relação C/N está associada à decomposição da matéria e liberação de N. Quando comparado os tempos de meia vida, tanto da matéria seca quanto da liberação de N, da fração foliar, com menor relação C/N, e do material de caule, com maior C/N, podemos fazer essa associação. Na fração caule, o tempo de meia vida da matéria seca e o de meia vida da liberação de N foram 150 e 102 dias, respectivamente, enquanto que na fração foliar e na mistura dos materiais, os tempos de meia vida da matéria seca e da liberação de N foram, aproximadamente, três vezes menores. Esses resultados corroboram com o que já está consagrado na literatura, quanto maior a relação C/N, menor a constante de decomposição da matéria seca e taxa de liberação de N por ação de microrganismos decompositores.

4.3. Efeito do uso combinado de biomassa de tefrósia com torta de mamona sobre a produtividade do maracujazeiro

O tratamento TM diferiu significativamente dos demais e obteve a maior produtividade (Tabela 6). Os tratamentos TEST e TM+BFT não diferiram significativamente entre si. Já o tratamento BFT apresentou a menor produtividade, sendo 15% abaixo do tratamento TEST. Os dados de produtividade neste trabalho estão de acordo com as médias de produtividade nacional e estadual da cultura, que foram de 14 e 13 t/ha, respectivamente (IBGE, 2019).

Quanto ao °Brix, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6. Produtividade média estimada e °Brix do maracujazeiro-azedo em função do uso solteiro ou combinado da biomassa fresca de tefrósia e torta de mamona

Tratamento	Produtividade (t ha⁻¹)	°Brix
TEST	11,50 b	14,45 a
TM	13,37 a	14,75 a
BFT	9,70 c	14,34 a
TM+BFT	11,92 b	14,44 a

O tratamento à base de biomassa fresca da leguminosa tefrósia proporcionou resultados inferiores quando comparados aos outros tratamentos, o que pode explicar essa baixa produtividade neste tratamento é, provavelmente, a falta de sincronismo entre a época em que o N foi disponibilizado via decomposição da biomassa e a fase em que a planta mais necessitava do nutriente. Essa falta de sincronia pode estar associada a imobilização do N no solo.

Este foi um estudo complementar ao da decomposição das biomassas da tefrósia e, na ocasião do início do experimento, não se conhecia a taxa de decomposição e liberação do N e as adubações experimentais começaram quando o pomar estava no período de formação. Considerando que a metade do nitrogênio da biomassa da leguminosa é liberado em 38 dias, o que ocorreu foi um déficit de N na fase de formação do pomar do maracujazeiro. O nitrogênio que a planta de maracujá necessitava nesse período, teve metade de sua liberação no meio da fase de formação. Apesar da maior parte do N ter sido liberado na fase em que a planta mais necessitava, produção, os resultados inferiores aos demais tratamentos indica o déficit deste nutriente, talvez por falta de sincronia de liberação, perdas por volatilização e/ou lixiviação ou uma possível imobilização do N.

A imobilização do nitrogênio pode ter ocorrido devido à relação C/N do material da leguminosa. A proporção de material mais lignificado na planta da tefrósia, caule e galhos dos ramos, são maiores do que a proporção da folha, o que eleva a relação C/N e alonga os tempos de meia vida da decomposição e da liberação de N. Os microrganismos consomem e degradam o carbono que está na fonte, que é a biomassa da tefrósia, respira, emite CO₂ e sua população cresce. Para a população crescer, precisa de nitrogênio. Este nitrogênio, que está presente no solo, irá nutrir os microrganismos. Então, momentaneamente, ocorre um processo chamado de imobilização de nitrogênio. O nitrogênio, que está na solução do solo, é retido para o crescimento da biomassa microbiana para que aumente sua população, pois, até então, o nitrogênio da biomassa da leguminosa ainda não está disponível, se encontra na fase orgânica. Após a decomposição da biomassa da leguminosa, a relação C/N diminui e o nitrogênio pode se tornar disponível no solo em algumas formas como, por exemplo, amida, amônia, amônio e nitrato. Então, uma possível variação entre os processos de mineralização e imobilização pode ser associado a este resultado. Na época em que a planta precisou do nitrogênio disponível no solo para crescer, os microrganismos estavam competindo com a planta para decompor a biomassa e consumindo o nitrogênio ali presente.

As tabelas de recomendação de adubação nitrogenada na agricultura convencional, com fertilizantes sintéticos, já estão consolidadas e, geralmente, utilizamos elas para termos um norte, pois na agricultura orgânica, principalmente na fruticultura, não se tem todo esse sistema de recomendação de adubação já consolidado. Então, tentamos simular valores próximos daqueles que já são consolidados na agricultura convencional. Mas o que se tem percebido com as pesquisas na agricultura orgânica, é que essas fontes de adubo orgânico, biomassa de leguminosas, deve-se recomendar quantidades de N, na forma de biomassa, maiores do que as recomendadas no sistema convencional, pois os processos de decomposição dos resíduos e liberação do N são lentos e ainda existe perdas por volatilização e lixiviação.

Na agricultura orgânica, o caráter regional é um fator muito importante. O tempo de meia vida de um resíduo vegetal numa determinada região, não será o mesmo encontrado numa outra região com outras características edafoclimáticas. A recalcitrância dos materiais é um dos fatores que irá influenciar na velocidade de decomposição dos resíduos, mas fatores climáticos como temperatura e precipitação são determinantes.

Por apresentar lenta taxa de decomposição e liberação do N remanescente da biomassa, algumas estratégias para otimizar o uso da tefrósia como fonte de adubo nitrogenado para a cultura do maracujazeiro devem ser adotadas. Uma estratégia seria promover a melhoria da fertilidade do solo através do aporte de quantidades consideráveis de biomassa, de maneira a favorecer o aumento da MOS. A quantidade de N a ser aplicada, via biomassa, deve ser superior a recomendada nas tabelas da agricultura convencional, o aporte pode principiar na ocasião do plantio, ou cerca de dez dias antes, e a sua manutenção deve ser periódica, de maneira que a decomposição e liberação do N seja em sincronia com a demanda da cultura do maracujazeiro.

No primeiro ciclo produtivo da cultura, a época em que a biomassa foi aplicada em forma de adubo para o maracujazeiro foi tardia e não teve tempo suficiente para a completa decomposição e liberação do N, assim como a quantidade de N contida nela também não foi suficiente. A manutenção periódica do aporte de biomassa no sistema com quantidades estimadas, a longo prazo pode favorecer a disponibilidade do N em ciclos produtivos posteriores.

A lenta decomposição dos resíduos orgânicos está associada a menor liberação de nutrientes, dentre eles o N, e o fornecimento deles às culturas subsequentes. Segundo Ramos et al. (2018), a delonga dos resíduos orgânicos na superfície do solo gera um efeito positivo a longo prazo, pois o recobrimento do solo por maior período favorece a biodiversidade edáfica e, conseqüentemente, as diversas interações no sistema solo.

Na adubação do maracujazeiro, foram utilizados caule, galhos e folhas das plantas de tefrósia. As partes mais lignificadas, caule e galhos, tendem a ter uma mineralização mais lenta do que as folhas. O nitrogênio é frequentemente imobilizado pela biomassa microbiana, dependendo da quantidade e qualidade do C oxidável disponível (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; XU et al., 2017).

Uma possível explicação para a produtividade do tratamento com a tefrósia ser inferior, ao tratamento testemunha sem adubo, é o fato de que o solo da área onde o maracujá foi plantado, vem sendo conduzido sob manejo orgânico a muitos anos e teve sua fertilidade construída nesse período. Então, as plantas do tratamento 1 foram nutridas via nutrientes que já continham no solo e, também, sugere-se que houve um déficit de N para o maracujazeiro, talvez devido a imobilização do N no solo, tendo em vista que o tratamento testemunha, sem adubo, teve um desempenho pouco superior.

O tratamento com torta de mamona obteve um melhor resultado, provavelmente, devido à sua mineralização mais rápida e pronta disponibilização dos nutrientes. Severino et al. (2005), estudaram a mineralização da torta de mamona através da técnica de medição da respiração microbiana e comparou-a com dois materiais orgânicos frequentemente utilizados como adubo: esterco bovino e bagaço de cana. Concluíram que o solo que recebeu adição de torta de mamona apresentou atividade microbiana muito maior que o solo que recebeu esterco bovino ou bagaço de cana, indicando que sua decomposição é muito mais rápida e que seus nutrientes são rapidamente disponibilizados para a cultura logo após sua adição no solo, confirmando seu potencial como adubo orgânico.

O tratamento 4, a mistura da torta de mamona com a biomassa da tefrósia, obteve maior produtividade em relação ao tratamento 3, com a biomassa da tefrósia. Uma possível explicação para este fato é que a torta de mamona quando misturada com a biomassa tefrósia, promove um aporte adicional de N prontamente disponível no sistema e, assim, atenuou a imobilização do nitrogênio do solo e forneceu parte do nitrogênio em curto prazo. O tratamento 1, testemunha, não teve diferença significativa em relação ao tratamento 4, a mistura de tefrósia com torta de mamona. A fertilidade química do solo onde o maracujazeiro foi implantado possivelmente contribuiu para a produtividade do tratamento testemunha.

Então, a adubação com a biomassa tefrósia (T3) produziu cerca de 15% menos do que o tratamento testemunha (T1), 27% menos do que o tratamento com torta de mamona (T2) e 18% a menos do que o tratamento com a mistura da tefrósia com torta de mamona (T4). A torta de mamona (T2), por ser um composto com uma baixa relação C/N e rápida liberação do nitrogênio, obteve maior produtividade, produzindo cerca de 14% a mais do que o tratamento testemunha (T1), 27% a mais do que o tratamento com a biomassa da tefrósia (T3) e 10% a mais do que o tratamento com a mistura de torta de mamona com a biomassa da tefrósia (T4). O tratamento testemunha (T1) não diferiu a produtividade do tratamento com a mistura da torta de mamona com tefrósia (T4). Em menos de 120 dias, 100% do nitrogênio contido na biomassa da folha da tefrósia é liberado ao solo.

Por tanto, há necessidade de mais estudos com foco na decomposição e liberação de nutrientes tanto da tefrósia, que foi a espécie avaliada neste trabalho, quanto com outras leguminosas utilizadas como adubo verde.

Aita & Giacomini (2003) sugerem que um misto de resíduos de culturas de cobertura, de diferente propriedade química, é uma técnica promissora, principalmente em sistemas de plantio direto. Quando se mistura resíduos, ocorre aumento da decomposição do material mais recalcitrante, mas diminui o de qualidade alta (GAMA-RODRIGUES et al., 2003). Essa estratégia possibilita que a liberação de nutrientes seja sincronizada com a fase de maior demanda nutricional da cultura associada, que é o maracujá. Desta maneira, a eficiência de uso de nutrientes aumentaria em função da melhoria na sincronização, reduzindo suas perdas e racionalizando a aplicação de fertilizantes minerais (MYERS et al., 1997; GAMA-RODRIGUES et al., 2007).

Para otimizar o uso das culturas utilizadas como adubo verde, as podas e distribuição dos resíduos orgânicos na superfície do solo devem ser realizadas conhecendo e considerando a dinâmica da decomposição e da mineralização da matéria seca, de modo que a liberação seja concomitante aos períodos de demanda da cultura do maracujazeiro e que a planta associada, o maracujá, consiga suprir suas necessidades nutricionais e tenha um ótimo desenvolvimento até a fase de produção.

5. CONCLUSÕES

As diferentes partes das plantas de tefrosia apresentaram tempos de decomposição e liberação de nitrogênio distintos, deram-se em função da relação C/N. Quanto maior a relação C/N, maiores foram os tempos de meia vida ($t_{1/2}$) da matéria seca e do nitrogênio contido nela;

O uso da biomassa da tefrosia proporcionou resultados inferiores aos demais tratamentos e sugere-se que houve um déficit de nitrogênio para a cultura do maracujazeiro neste tratamento, talvez devido a imobilização do nitrogênio no solo.

A adubação não influenciou o teor de sólidos solúveis (°Brix) dos frutos do maracujá.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de o tratamento com a biomassa da tefrósia ter sido o menos produtivo, isso não significa que a leguminosa não é capaz de suprir a necessidade de nitrogênio para a cultura do maracujazeiro. Pelo contrário, a leguminosa demonstrou potencial agrônômico para a prática da adubação verde, porém deve-se realizar mais estudos avaliando o manejo, a decomposição e a liberação de N dos seus resíduos vegetais, de maneira que o estudo evidencie a sincronia entre a época de liberação do N e a demanda do maracujazeiro.

Estudos avaliando a perda de N por volatilização e lixiviação também são importantes e complementares.

A adubação orgânica com a biomassa da tefrósia deve ser feita com um período de tempo suficiente para que decomposição e liberação dos nutrientes sejam em sincronia com a fase de demanda da cultura do maracujazeiro.

Espera-se, que esta pesquisa contribua fomentando o cultivo do maracujazeiro em sistema orgânico, incentive a produção sustentável de frutas, baseando-se em princípios ambientalmente corretos, socialmente justos e economicamente viáveis e, também, viabilize uma opção de renda para agricultores, na medida em que o conhecimento dessas práticas e manejos sejam levados até eles, pois na agricultura orgânica os adubos e compostos são caros e muitas vezes inviabilizam o cultivo.

Os adubos verdes propiciam benefícios ecológicos e reduzem os custos de produção, podendo tornar as unidades de produção mais independentes de insumos externos e, conseqüentemente, mais sustentáveis.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Crop residue decomposition and nitrogen release in single and mixed cover crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 601-612, 2003.
- AMABILE, R. F.; CARVALHO, AM de. Histórico da adubação verde. **Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados**, p. 23-40, 2006.
- ARAÚJO, E. da S.; GUERRA, J. G. M. ; ESPINDOLA, J. A. A. ; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. ; MARTELLETO, L. A. P ; ALVES, B. J. R. Recuperação no sistema solo-planta de nitrogênio derivado da adubação verde aplicada à cultura do repolho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (Online), v. 46, p. 729-735, 2011.
- ALLEN, O. N.; ALLEN, E. K. **The leguminosae; a source book of characteristics, uses and nodulation. Wisconsin: The University of Wisconsin**, 1981Disponívelem: <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes/leguminosas/gliciridia.html>>.
- ALCÂNTARA, FA de et al. **Green manuring in the recovery of the fertility of an Oxisol dark red degraded**. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.
- ALVARENGA, Ramon Costa et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Cultura de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.411-418, 2009.
- ANDRADE, B.M.S.; SOUZA, S.F.; SANTOS, C.M.C.; MEDEIROS, S.S.; MOTA, P.S.S.; CURADO, S.S. **Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em Sistemas Agropecuários Sustentáveis**. *Scientia Plena*, v.11, n. 4, 2015.
- ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. 2018. Maracujá. São Paulo: Agra FNP Pesquisas.
- BARRETO, A.C.; FERNANDES, M.F.; CARVALHO FILHO, O.M. Cultivo de alamedas de Gliricídia (*Gliricidia sepium*) em solos de tabuleiros costeiros. Aracaju: EMBRAPA-Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 36, 2004.
- BERNACCI, L.C., VITTA, F.A., BAKKER, Y.V. Passifloraceae. *In*: WANDERLEY, M. das G.L et al. **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: FAPESP: RiMa. v. 3, p. 247-274, 2003.
- BORGES, Ana Lúcia et al. **Nutrição mineral, calagem e adubação do maracujazeiro irrigado**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002.
- BORGES, S.; BORGES, E. E. L.; CORRÊA, P. C.; BRUNE, A. Equilíbrio higroscópico e viabilidade de sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speng) em diferentes condições ambientais de armazenamento. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 37, p. 475-481, 2009.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 24 dez. 2003. Seção 1, p.8.

CABRAL JR., E.C.; MIRANDA, C.R.; PINHEIRO, D.M.; GUIMARÃES, I.G.; ANDRADE, M.V.M.; PINTO, M.S.C. **Dinâmica fermentativa de silagens de *gliricídia sepium***. Archivos de Zootecnia, v.56, n.214, p.249-252, 2007.

CALEGARI A. **Plantas de cobertura: Manual técnico**. Londrina: IAPAR; 2016. Instituto da Potassa e Fosfato – Potafos. Manual internacional de fertilidade do solo. 2ª ed. Piracicaba: Potafos; 1998.

CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PERREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. **Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado**. Bragantia, v.67, p.455-462, 2008

CARVALHO, D.F. de; SILVA, L.D.B. da; FOLEGATTI, M.V.; COSTA, J.R.; CRUZ, F.A. da. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ, utilizando lisímetro de pesagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.14, p.108-116, 2006.

CASTRO, C. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; CARVALHO, J. F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, 495-502, 2005.

CERVI, A.C; MILWARD-DE-AZEVEDO, M.A; BERNACCI, L.C. Passifloraceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2010. Disponível em: floradobrasil.jbrj.gov.br

COELHO, Renato Alves et al. Efeito de leguminosa arbórea na nutrição nitrogenada do cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre ex Froehn) consorciado com bananeira em sistema orgânico de produção. 2006.

COLEMAN, D.C.; CROSSLEY, D.A. Fundamental of soil ecology. London: Academic Press, 1996. 205p.

CUNHA, M. A. P.; BARBOSA, L. V.; JUNQUEIRA, N. T. V. Espécies de maracujazeiro. In: LIMA, A. A. (Ed.). **Maracujá produção: aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 104 p. (Frutas do Brasil, 15).

DECHAINED, J. et al. Correlation between earthworms and plant litter decomposition in a tropical wet forest of Puerto Rico. **Pedobiologia**, v. 49, n. 6, p. 601-607, 2005.

DELARMELINDA, E. A., SAMPAIO, F. A. R., DIAS, J. R.M., TAVELLA, L. B., & SILVA, J. S. Adubação verde e alterações nas características químicas de um Cambissolo na região de Ji-Paraná-RO. **Revista Acta Amazônica**, vol. 40, nº 3, p.625-628, 2010

DINIZ, E. R. et al. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 199-206, 2007.

DÖBEREINER, J. A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. **Biotechnology Ciência**, 2-3. 1997.

EDVAN, R.L.; CARNEIRO, M.S.S.; COUTINHO, M.J.F.; SILVA, E.B.; OLIVEIRA, G.S.; SILVA, M.S.M.; ALBUQUERQUE, D.R. Perdas e composição bromatológica de silagem de gliricídia contendo diferentes níveis de vagem de algaroba. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.7, n.2, p.63- 68, 2013.

ELEVITCH, R. C.; FRANCIS, J. K. *Gliricidia sepium* (Gliricidia). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. www.traditionaltree.org. ver. 2.I: 1-18. 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p

EMBRAPA AGROBIOLOGIA. Base de dados de leguminosas. Disponível em: <<http://leguminosas.cnpab.embrapa.br/index.php?pag=pesquisar>> Acesso em junho de 2019.

EMBRAPA. Mandioca e Fruticultura. Base de dados dos Produtos. **Produção Brasileira de maracujá em 2017.** Disponível em:http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/index_pdf.htm. Acessado em junho de 2019.

EMBRAPA. Meio-Norte. **Produção de Biomassa e Padrão de Decomposição de Adubos Verdes Cultivados nas Entrelinhas de Acerola Orgânica.** Teresina, PI: Embrapa Meio-Norte, 2010. Artigo em anais de congresso (ALICE) - REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Novos caminhos para agricultura conservacionista no Brasil. Universidade Federal do Piauí, 2010. 4 p. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/923060>> Acesso em 07 mar. 2020.

ESPÍNDOLA, JA de A.; DE ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica.** Embrapa Agrobiologia-Documentos (INFOTECA-E), 2004.

ESPINDOLA, JAA et al. Gestão do nitrogênio em sistemas orgânicos de produção através da adubação verde. **Ciência & Ambiente**, v. 29, p. 123-130, 2004.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. **Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde.** In: AQUINO, A. M; ASSIS, R. L (Ed.) Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa: 435-451.2005.

ESPINDOLA, J. A. A., GUERRA, J. G. M. ALMEIDA, D. L. DE , TEIXEIRA, M. G. URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:321-328, 2006.

FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Passionfruit (*Passiflora* spp.) improvement using wild species. In: MARIANTE, A. S.; SAMPAIO, M. J. A.; INGLIS, M. C. V. (Org.). **The state of Brazil's plant genetic resources: Second National Report: Conservation and Sustainable Utilization for food and agriculture.** Brasília, DF: Embrapa TechnologicalInformation, 2009. p. 101-106.

- FALEIRO F. G. *et al.* Germoplasma e melhoramento genético do maracujazeiro – histórico e perspectivas. **Planaltina: Embrapa cerrados**, Documentos 307, 2011.
- FALEIRO, F.G., JUNQUEIRA, N.T.V., 2016. Maracujá: O produtor pergunta, a Embrapa responde Brasília, DF: Embrapa.
- FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no Submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.641-648, 2004
- FARJALLA, VF, MARINHO, CC e ESTEVES, Consumo de oxigênio de FA nos estágios iniciais de decomposição de macrófitas aquáticas e de tritosda vegetação terrestre em uma lagoa costeira tropical. *Acta Limnologica Brasiliensia* , 1999, 11 (2), 185-193.
- FERREIRA, F. R. Recursos genéticos de Passiflora. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N.T.V.; BRAGA, M.F. (Eds.). **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. p. 41-51.
- FERREIRA, Leonardo Elias; DE SOUZA, Eliziete Pereira; CHAVES, Arilene Franklin. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 5, 2012.
- FERREIRA R. T. et al. Seleção recorrente intra populacional em maracujazeiro-azedo via modelos mistos. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 38, p. 158-166, 2016.
- FERREIRA, D. F. Sisvar para Windows. Versão 4.0. In: 45ª Reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria. UFSCar, São Carlos, SP, jul. 2000. p. 255-258.
- FRAIFE FILHO, G. A.; LEITE, J. B. V.; RAMOS, J. V. Maracujá. Cruzeiro, DF: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC, (200-?). Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/radar/maracuja.htm>>. Acesso em: jun. 2019.
- FREIRE, J. de L.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. de A.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, M. V. F. dos; FREITAS, E. V. de. Decomposição de serrapilheira em bosque de sabiá na Zona da Mata de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 8, p.1659-1665, 2010.
- FREITAS, J. P. X. D., OLIVEIRA, E. J. D., CRUZ NETO, A. J. D., & SANTOS, L. R. D. (2011). Avaliação de recursos genéticos de maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(9), 1013-1020.
- FREITAS, M. D. S. C. D., SOUTO, J. S., GONÇALVES, M., ALMEIDA, L. E. D. S., SALVIANO, A. M., & GIONGO, V. Decomposition and nutrient release of cover crops in mango cultivation in Brazilian semi-arid region. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 43, 2019.
- FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Utilização de leguminosas em cercas e moirões vivos e na recuperação de áreas degradadas In: SUSTENTABILIDADE de sistemas de produção de leite a pasto e em confinamento, 2001, Juiz de Fora. Anais. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 109-126.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1021-1031, 2003.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; BRITO, E. C. de. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região noroeste fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1421-1428, 2007.

GAUDINSKI, J. B., TRUMBORE, S. E., DAVIDSON, E. A., & ZHENG, S. Erratum: Soil carbon cycling in a temperate forest: Radiocarbon-based estimates of residence times, sequestration rates and partitioning of fluxes (*Biogeochemistry* 51: 1 (2000) 33-69). **Biogeochemistry**, v. 52, n. 1, p. 113-114, 2001.

GESSNER, MO, SWAN, CM, DANG, CK, MCKIE, BG, BARDGETT, RD, WALL, D & HATTENSCHWILER, S. Diversity affects decomposition. *Trends in Ecology and Evolution*, 2010, 25 (6), 372-380. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.010> . PMID:20189677.

GIACOMINI, S. J. et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003.

GOMES, T. D. A., da SILVA, M. S. L., SILVA, J. A. M., de CARVALHO, N. C. S., & SOARES, E. M. B. Padrão de decomposição e liberação de nutrientes de adubos verdes em cultivos de uva e manga do Submédio São Francisco. **Embrapa Semiárido-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2005.

GOLÇALVES JUNIOR, M., CORDEIRO, A. D. S., FELÍCIO, N. C., SALMI, A. P., & GUERRA, J. G. M. Avaliação do crescimento inicial da leguminosa *Tephrosia vogelli* nas condições edafoclimáticas da Baixada Fluminense. **Embrapa Agrobiologia-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.

GONÇALVES JÚNIOR, M. Avaliação agronômica de leguminosas arbustivas usadas para adubação verde nas condições da Baixada Fluminense. 2013.

GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAUJO, E. da. S.; LEAL, M. A. A.; UZÊDA, M. C.; RICCI, M. F.; ZONTA, E.; RIBEIRO, R. L. D.; ALMEIDA, D. L. Manejo da fertilidade do solo, 189-195p. In: Freire [et al. 2013] /Editor técnico - **Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro**. 2013.

GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. da. S.; LEAL, M. A. de. A.; ABBOUD, A. C. de. S.; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H.; NEVES, M. C. P.; RIBEIRO, R. de. L. D. Adubação verde no cultivo de hortaliças. In: LIMA FILHO, O.F.D. AMBROSANO, E.J. ROSSI, F. CARLOS, J.A.D. (Orgs.) **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 20.p 243-267.

HARMON, M. E. et al. Analysis of detritus and organic horizons of mineral and organic constituents. **Standard soil methods for long-term ecological research.**, p. 143-165, 1999.

HOORENS, B., AERTS, R. e STROETENGA, M.A química inicial da cama explica a mistura da cama efeitos na decomposição? *Oecologia*, 2003, 137 (4),578-586. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-003-1365-6>.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; FREIRE, F. J.; HOLANDA, E. M. Decomposição da serrapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. *Revista Árvore*, v.39, n.2, p. 245-254, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - 2019 http://www.cnpmf.embrapa.br/Base de Dados/index_pdf/dados/brasil/maracuja/b1_maracuja.pdf<acessado em 11/08/2019>

ISHIDA A. K. N., HALFELD-VIEIRA B.A; Mancha-Bacteriana do Maracujazeiro (*Xanthomonas axonopodis* sp. *passiflorae*): Etiologia e Estratégias de Controle. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, Documentos 357, 2009.

KARBERG, N. J., SCOTT, N. A., & GIARDINA, C. P. (2008) **Methods for Estimating Litter Decomposition**, Chapter 8, p.103-11, 2008.

KILL, L.H.P.; DRUMOND, M.A. Biologia floral e sistema reprodutivo de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (Fabaceae-Papilionoidae) na região de Petrolina, Pernambuco. *Ciência Rural*, v.31, n.4, p.597-601, 2001.

KARBERG, N. J., SCOTT, N. A., & GIARDINA, C. P. Methods for estimating litter decomposition. In: **Field measurements for forest carbon monitoring**. Springer, Dordrecht, 2008. p. 103-111.

KIRSCHBAUM, M. UF. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage. **Soil Biology and biochemistry**, v. 27, n. 6, p. 753-760, 1995.

LEHMAN, R. M. et al. Understanding and enhancing soil biological health: the solution for reversing soil degradation. **Sustainability**, v. 7, n. 1, p. 988-1027, 2015.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br>> Dados sobre a cultura do maracujazeiro no ano de 2005.

MARTELETO, L. O. Nutrição e adubação. In: SÃO JOSÉ, A. R. et al. A cultura do maracujá no Brasil. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1991. p.125-237.

MEHL, H. U., SAGRILO, E., WOLSCHICK, D., & ARZABE, C. Produção de biomassa e padrão de decomposição de adubos verdes cultivados nas entrelinhas de acerola orgânica. In: **Embrapa Meio-Norte-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Teresina. Novos caminhos para agricultura conservacionista no Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte: Universidade Federal do Piauí, 2010., 2010.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura** v. 33, número especial, 2011.

MIDWOOD, A. J. et al. Importance of drive-row vegetation for soil carbon storage in woody perennial crops: A regional study. **Geoderma**, v. 377, p. 114591, 2020.

- MONTEMURRO, F.; PERSIANI, A.; DIACONO, M. Cover Crop as Living Mulch: effects on energy flows in mediterranean organic cropping systems. **Agronomy**, [S.L.], v. 10, n. 5, p. 667-1005, 9 maio 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10050667>.
- MOREIRA, F.M.S, SIQUEIRA, J.O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: Moreira FMS, Siqueira JO, editores. Microbiologia e bioquímica do solo. 2. ed. atual. ampl. Lavras: Editora UFLA; 2006. p. 213-20.
- MYERS, R. J. K.; NOORDWIJK, M. van; VITYAKON, Patma. Synchrony of nutrient release and plant demand: plant litter quality, soil environment and farmer management options. **Driven by nature: Plant litter quality and decomposition**, 1997.
- NUNES, T. S., QUEIROZ, L. P. Flora da Bahia: Passifloraceae. **Sitientibus: Série Ciências Biológicas**, v. 6, p. 194-226, 2006.
- OLIVEIRA, E. A. G. D.; RIBEIRO, R. L. D.; LEAL, M. A. D. A.; GUERRA, J. G.M.; ARAÚJO, E. S.; ESPINDOLA, J. A. A.; ROCHA, M. D. S.; BASTOS, T. C.; SAITER, O. PERIN, A.; Compostos fermentados tipo “bokashi” obtidos com diferentes materiais de origem vegetal e diferentes formas de inoculação visando sua utilização no cultivo de hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2014. 32 p.
- OLIVEIRA, E. P.; COUTO, C. M. D.; SANTOS, G. M. S. S. dos; SANTOS, L. G. dos; BEBÉ, F. V. Mineralização de nitrogênio em Latossolo amarelo adubado com composto orgânico alternativo. Agropecuária Científica no Semiárido, Patos-PB, v. 14, n. 4, p. 287-290, 2018.
- ORWA, C. et al. Agroforestree Database: a tree reference and selection guide. Version 4. **Agroforestree Database: a tree reference and selection guide. Version 4.**, 2009.
- OSTERROHT, M. von. O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroecologia Hoje**, v. 14, n. 1, p. 9-11, 2002.
- PAULA, P. D. de et al. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 791-800, 2015.
- PEGADO, C. M. A., das NEVES BARBOSA, L. J., MENDES, J. E. M. F., SOUTO, P. C., & SOUTO, J. S. Decomposição superficial e subsuperficial de folhas de fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região do Brejo da Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 218-223, 2008.
- PIRES, A.S. **Adubação alternativa do maracujazeiro amarelo na Região Norte Fluminense**. 2007.132f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes. 2007.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. 7ª ed. São Paulo (SP): Nobel, 1984 p. 529-535.
- RAICH, J. W.; NADELHOFFER, K. J. Belowground carbon allocation in forest ecosystems: global trends. **Ecology**, v. 70, n. 5, p. 1346-1354, 1989.

- RAMOS, Diovany Doffinger et al. Decomposição de Diferentes Espécies de Leguminosas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 1-8, 2018.
- RANGEL, J. H.D.A.; MUNIZ, E. N.; SÁ, C. O. D.; SÁ, J. L. D. Implantação e manejo de legumineira com gliricídia (*Gliricidia sepium*). Embrapa, Aracaju, SE, julho, 2011. 5 P. (Circular Técnica 63).
- RIBAS, R. G. T. et al. Decomposição, liberação e volatilização de nitrogênio em resíduos culturais de mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 878-885, 2010.
- ROBERTSON, G. Philip; PAUL, Eldor A. Decomposition and soil organic matter dynamics. In: **Methods in ecosystem science**. Springer, New York, NY, 2000. p. 104-116.
- ROSA, R. C. C., & BORGES, A. L. Produção de composto orgânico em pequenas propriedades. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2013.
- SALL, S.N.; MASSE, D., BERNHARD-REVERSAT, F.; GUISSÉ, A.; CHOTTE, J.L. Microbial activities during the early stage of laboratory decomposition of tropical leaf litters: the effect of interactions between litter quality and exogenous inorganic nitrogen. *BiolFertilSoils*. 2003;39:103-11.
- SALMI, A. P. et al. Avaliação agronômica da rebrota, dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de flemingia (*Flemingia macrophylla* (Willd.) Kuntze ex Merr.). **Revista Ceres**, v. 60, p. 735-743, 2013.
- SEVERINO, L. S. et al. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de biologia e ciências da terra**, v. 5, n. 1, p. 0, 2005.
- SILVA, G.T.A et al. Correlação entre a composição química e a velocidade de decomposição de plantas para adubação verde visando a elaboração de uma base de dados. **Embrapa Agrobiologia-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2007.
- SILVA, E. C. D.; AMBROSANO, E. J.; SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BUZZETTI, S.; CARVALHO, A. M. de. Adubação verde como fonte de nutrientes às culturas. In: LIMA FILHO, O.F.D. AMBROSANO, E.J. ROSSI, F. CARLOS, J.A.D. (Orgs.) **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 7.p 267- 305.
- SILVA, L. L. da. Socialização de informações sobre leguminosas tropicais utilizadas para a adubação verde a partir de um aplicativo para dispositivo móvel. 2018.
- SILVA, K. R. Cutrim et al. Decomposição de *Acacia mangium*, *Parkia platycephala* e *Mimosa caesalpiniaefolia* em três condições de exposição ambiental, 2021.
- SOUSA, I. R. L. DE, PAULETTO, D.; LOPES, L. S. S.; RODE, R. DECOMPOSIÇÃO DE ESPÉCIES UTILIZADAS COMO ADUBAÇÃO VERDE EM SISTEMA AGROFLORESTAL EXPERIMENTAL, SANTARÉM, PARÁ. *Revista Agroecossistemas*, v. 10, n. 2, p. 50-63, 2018.

- SWAMY, H. R.; PROCTOR, J. Litterfall and nutrient cycling in four rain forests in the Sringeri area of the Indian Western Ghats. *Global Ecology and Biogeography Letters*. Oxford, v. 4, p.155-165, 1994.
- URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anual en América Latina y el Caribe. Porto Alegre: Gênese, 2000. 123p.
- WIEDER, R.K. & LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*, 63:1636-1642, 1982.
- VARGAS, T. de O. et al. Influência da biomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 562-568, 2011.
- VIANA A. P. *et al.* UENF Rio Dourado: a new passionfruit cultivar with high yield potential. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.16, p. 250-253, 2016.
- VIEIRA, M. L. C.; CARNEIRO, M. C. *Passiflora* spp. Passionfruit. In: LITZ, R. (Ed). **Biotechnology of fruit and nut crops**. Wallingford: CABI, 2004. p. 436-453.
- VITOUSEK, P. M. et al. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawai'i: patterns, mechanisms, and models. **Ecology**, v. 75, n. 2, p. 418-429, 1994.
- XU Y, Chen Z, Fontaine S, Wang W, Luo J, Fan J, Ding W. Dominant effects of organic carbon chemistry on decomposition dynamics of crop residues in a Mollisol. *Soil Biol Biochem*. 2017;115:221-32.
- ZOTARELLI, L. Balanço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina - PR. **Dissertação de Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo**. Seropédica - RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000. 134 p.