



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
CURSO DE AGRONOMIA

RUAN LESSA RODRIGUES

**UTILIZAÇÃO DE LEGUMINOSA (*Gliricidia sepium*) EM CONSÓRCIO COM
COQUEIRO HÍBRIDO**

FORTALEZA

2019

RUAN LESSA RODRIGUES

UTILIZAÇÃO DE LEGUMINOSA (*Gliricidia sepium*) EM CONSÓRCIO COM
COQUEIRO HÍBRIDO

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra Mirian Cristina Gomes Costa.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R616u Rodrigues, Ruan Lessa.
Utilização de leguminosa (*Gliricidia sepium*) em consórcio com coqueiro híbrido / Ruan Lessa Rodrigues. –
2019.
46 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Mirian Cristina Gomes Costa .

1. Cocoicultura. 2. FBN. 3. Adubo verde. I. Título.

CDD 630

RUAN LESSA RODRIGUES

UTILIZAÇÃO DE LEGUMINOSA (*Gliricidia sepium*) EM CONSÓCIO COM
COQUEIRO HÍBRIDO

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção
do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 19/06/2019.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr.a Mirian Cristina Gomes Costa (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

MSc. Rafaela Batista Magalhães
Universidade Federal do Ceará (UFC)

MSc. Elizio Sampaio da Silva
Ducoco Litoral S.A

Aos meus pais, Francisco das Chagas
Silva Rodrigues e Antônia Ester Almeida
Lessa.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de iniciação científica do graduando e de produtividade em pesquisa da orientadora.

A Ducoco Litoral S.A que forneceu todo suporte necessário para realização e manutenção de um experimento grande e complexo. Dos administradores, aos funcionários do campo e às meninas da cozinha, sem eles esse trabalho não seria possível.

A Prof^ª. Dra Mirian Cristina Gomes Costa, pela excelente orientação, não só na monografia, mas em todas as outras categorias de bolsa que tive a honra de tê-la como orientadora. Essa felicidade se dá por saber que dentro da universidade pública existem profissionais dedicados e sérios, apaixonados pelo que fazem, e que não medem esforços para elevar cada vez mais o nível dessas instituições, por isso digo que tive a honra de trabalhar ao lado de uma desses profissionais.

Aos participantes da banca examinadora Rafaela Batista Magalhães, que me ajudou muito durante todo o desenvolvimento do trabalho, corrigindo, dando dicas, não medindo esforços para que o trabalho pudesse ser concluído, e ao Elizio Sampaio da Silva, que forneceu todo suporte na fazenda para que o experimento pudesse acontecer e ser um sucesso. Aos dois, meu muito obrigado.

A minha família que durante toda a vida priorizou os estudos para o meu irmão e para mim, e que nunca exigiu de nós nada, além do esforço necessário para alcançarmos nossos objetivos e para tornar esse mundo um local melhor.

A toda equipe do Laboratório de Manejo de Água e Solo, em especial à Deyse Maia que nos auxiliou em todos os processos para obtenção de resultados laboratoriais. Além de toda a equipe da graduação e pós-graduação que compõe o laboratório e que foi de suma importância para o desenrolar da pesquisa.

A minha namorada Gabriela Pinho Meneses, por toda ajuda e suporte. Pela paciência, correções e orientações, tanto no trabalho quanto na vida, obrigado por tudo.

Ao meu amigo e irmão Cecílio Leite, que fez com que uma pequena brincadeira no terceiro ano do ensino médio virasse uma paixão hoje. Por todos os momentos e aventuras juntos, antes, durante e após o período de faculdade.

A minha amiga Úrsula Barroso, por todo o companheirismo e força durante toda a graduação, você foi essencial nessa etapa da minha vida.

A toda a turma de 2014.1, que sem dúvida sempre será a melhor turma que já passou pelo curso de Agronomia da UFC.

Ao Centro Acadêmico Dias da Rocha, o qual tive o prazer de participar e construir junto a outros estudantes, onde pude aprender muito e me transformar enquanto pessoa, visualizando o mundo de outra forma, principalmente me colocando mais no local do próximo.

A Federação dos Estudantes de Agronomia do Brasil (FEAB), onde também pude construir, junto com os companheiros da escola de Fortaleza, a diretoria da Regional V, além de organizar o Encontro Nacional dos Estudantes de Agronomia na cidade de Fortaleza, experiência que levo para toda minha vida. Por meio da Federação tive noção do tamanho da responsabilidade que minha profissão possui para a construção de um país melhor.

Ao Grupo Agroecológico da UFC (GAUFC) e a todos os membros que por lá passaram. Foi sem dúvida o local dentro da universidade onde moldei minha forma de ver a agronomia e os meios de produção como importante ferramenta de desenvolvimento econômico, mas, principalmente, de desenvolvimento social e ambiental. Neste grupo pude formar grandes irmãos que serão essenciais por toda minha vida.

“Sertão, argüem te cantô. Eu sempre
tenho cantado e ainda cantando tô,
pruquê, meu torrão amado, munto te
prezo, te quero. E vejo qui os teus
mistéro niguém sabe decifrá. A tua
beleza é tanta, qui o poeta canta, canta, e
inda fica o qui cantá.”

Patativa do Assaré

RESUMO

O Brasil se destaca na produção de frutas tropicais, dentre as quais está o coco. A região nordeste, com destaque para os estados do Ceará e Bahia, aparece como um dos principais polos produtivos do país. A busca por uma produção mais competitiva e sustentável faz com que alternativas à utilização dos adubos minerais, como o uso de leguminosas fixadoras de nitrogênio, sejam cada vez mais almejadas. Neste trabalho o objetivo foi avaliar o desenvolvimento inicial da *Gliricidia sepium* e seus efeitos em atributos do solo mediante plantio em diferentes espaçamentos em consórcio com o coqueiro. O estudo foi realizado na Fazenda Aguapé, pertencente à Ducoco Litoral S.A, no município de Itarema-CE, com um experimento instalado em blocos casualizados com 4 repetições. Para as medidas de taxa de germinação e crescimento das plantas (altura e diâmetro) o tratamento avaliado foi constituído por três espaçamentos de plantio (1x1m; 1x0,5m; 1x0,25m). Para os atributos radiculares (volume total de raízes, área total de raízes, diâmetro médio de raízes) e atributos químicos do solo (carbono orgânico total e nitrogênio total) foi considerado um fatorial 3x4 em que o primeiro fator de tratamento foi constituído pelos três espaçamentos já mencionados, e o segundo fator foi constituído por quatro profundidades de amostragem (0-10,10-20,20-30,30-40 cm). A taxa de germinação foi avaliada aos 60 dias após semeadura, as medidas de crescimento das plantas foram realizadas aos 7 meses após semeadura, enquanto que as amostras de solo e de raiz das plantas foram coletadas 9 meses após a semeadura. As raízes foram analisadas por meio do programa SAFIRA e as análises estatísticas foram feitas com o emprego do programa Sisvar. Não houve diferença estatísticas em relação aos parâmetros de germinação, área total de raízes, volume total de raízes e diâmetro médio de raízes entre os espaçamentos. No entanto, a camada mais superficial (0-10cm) apresentou os maiores valores para área total de raízes e volume total de raízes. As variáveis carbono e nitrogênio apresentaram os maiores valores na camada 0-10cm, contudo não diferiram entre os espaçamentos. O diâmetro das plantas não diferiu entre tratamentos, contudo na altura foram observados maiores valores para as plantas cultivadas no espaçamento 1x1m. O uso da *Gliricidia sepium* consorciada com o Coqueiro híbrido PB 121 traz benefícios ao solo aportando C e N nas camadas mais superficiais, podendo ser cultivada com espaçamentos que variam entre 1x1 e 1x0,25m que trazem benefícios semelhantes. Novos estudos são necessários para identificar os efeitos da leguminosa como adubo verde, ou seja, após trituração da biomassa de parte aérea e incorporação da mesma ao solo.

Palavras-chave: Cocoicultura. FBN. Adubo verde.

ABSTRACT

Brazil stands out in the production of tropical fruits, among which is the coconut. The northeast region, with emphasis on the states of Ceará and Bahia, appears as one of the main productive centers of the country. The search for a more competitive and sustainable production means that alternatives to the use of mineral fertilizers, such as the use of nitrogen fixing legumes, are increasingly desired. In this work the objective was to evaluate the initial development of *Gliricidia sepium* and its effects on soil attributes by planting at different spacings in consortium with the coconut. The study was carried out in Fazenda Aguapé, belonging to Ducoco Litoral S.A, in the municipality of Itarema-CE, with an experiment installed in randomized blocks with 4 replicates. For the germination and plant growth rate measures (height and diameter), the evaluated treatment consisted of three planting spacings (1x1m, 1x0,5m, 1x0,25m). For the root attributes (total root volume, total root area, mean root diameter) and soil chemical attributes (total organic carbon and total nitrogen) was considered a 3x4 factorial in which the first treatment factor consisted of the three spacings already mentioned, and the second factor was constituted by four sampling depths (0-10,10-20,20-30,30-40 cm). The germination rate was evaluated at 60 days after sowing, plant growth measurements were performed at 7 months after sowing, while soil and root samples of the plants were collected 9 months after sowing. The roots were analyzed using the SAFIRA program and the statistical analyzes were done using the Sisvar program. There were no statistical differences in relation to germination parameters, total root area, total root volume and mean root diameter between the spacings. However, the most superficial layer (0-10cm) presented the highest values for total area of roots and total volume of roots. The variables carbon and nitrogen had the highest values in the layer 0-10cm, however did not differ between the spacings. The diameter of the plants did not differ between treatments, however at the time higher values were observed for the plants cultivated in the 1x1m spacing. The use of *Gliricidia sepium* intercropped with the coconut hybrid PB 121 has benefits to the soil contributing C and N in the most superficial layers, being able to be cultivated with spacings ranging from 1x1 to 1x0,25m that bring similar benefits. Further studies are needed to identify the effects of the legume as a green manure, that is, after crushing the shoot biomass and incorporating it into the soil.

Keywords: Cocoiculture. FBN. Green manure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização de Itarema dentro do estado do Ceará	pág.24
Figura 2	– Croqui das parcelas amostrais	pág.25
Figura 3	– Parcela experimental entre coqueiros.....	pág.26
Figura 4	– Fotos da coleta de raiz com utilização de sonda.....	pág.27
Figura 5	– Processo de limpeza e obtenção de raízes de <i>Gliricídia</i>	pág.28
Figura 6	– Volume de raízes (mm^3) de <i>Gliricidia sepium</i> em plantio consorciado com coco em diferentes espaçamentos de estabelecimento da leguminosa	pág.31
Figura 7	– Volume de raízes (mm^3) de <i>Gliricidia sepium</i> ao longo do perfil do solc cultivadas em consórcio com coqueiros.....	pág.32
Figura 8	– Área de raízes (mm^2) de <i>Gliricidia sepium</i> em plantio consorciado com coco em diferentes espaçamentos de estabelecimento da leguminosa.....	pág.33
Figura 9	– Área total de raízes de <i>Gliricidia sepium</i> ao longo do perfil do solo cultivadas em consórcio com coqueiros.....	pág.34
Figura 10	– Carbono orgânico total (g kg^{-1}) em áreas cultivadas com <i>Gliricidia sepium</i> em consórcio com coqueiros.....	pág.37
Figura 11	– Nitrogênio total (mg Kg^{-1}) em áreas cultivadas com <i>Gliricidia sepium</i> em consórcio com coqueiros.....	pág.38

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Taxa de germinação da *Gliricidia sepium* em consórcio com coqueiros em diferentes espaçamentos..... pág.29
- Tabela 2 – Diâmetro e altura de *Gliricidia sepium* aos 8 meses de idade em diferentes espaçamentos de plantio..... pág.30
- Tabela 3 – Diâmetro ponderado de raízes de *Gliricidia sepium* em diferentes espaçamentos de plantio..... pág.35
- Tabela 4 – Diâmetro ponderado de raízes de *Gliricidia sepium* em diferentes profundidades..... pág.35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	pág.15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	pág.16
2.1	A importância da Fruticultura	pág.16
2.1.1	<i>Fruticultura no nordeste brasileiro</i>	pág.16
2.2	Adubação das culturas	pág.17
2.2.1	<i>Custos dos adubos na produção agrícola</i>	pág.18
2.2.2	<i>Problemas causados pela adubação</i>	pág.18
2.3	Adubação verde	pág.19
2.4	Fixação biológica de nitrogênio	pág.19
2.5	Utilização de adubos verdes na fruticultura	pág.21
2.6	<i>Gliricidia sepium</i>	pág.21
2.7	Estudo de raízes	pág.22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	pág.23
3.1	Descrição da área	pág.23
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	pág.24
3.3	Instalação e condução do experimento	pág.26
3.4	Avaliações	pág.26
3.4.1	Avaliação da germinação e do desenvolvimento inicial da leguminosa...	pág.26
3.4.2	<i>Determinação dos atributos radiculares da Gliricídia</i>	pág.26
3.4.3	<i>Análises químicas do solo</i>	pág.28
3.5	Análise estatística	pág.28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	pág.29
4.1	Germinação e desenvolvimento inicial da <i>Gliricidia sepium</i>	pág.29
4.2	Atributos radiculares da <i>Gliricidia sepium</i>	pág.31
4.3	Atributos químicos do solo	pág.36
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	pág.39
	REFERÊNCIAS	pág.40

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa relevante posição na produção mundial de frutas tropicais, em um mercado que cresce anualmente, com atenção especial os estados de São Paulo e Ceará, que são dois dos maiores produtores de frutas tropicais do país. O Nordeste brasileiro possui características singulares e muito propícias a produção de frutas, em especial o litoral cearense que é destaque na produção de coco *in natura*, com grandes plantações e packing houses modernos para beneficiamento do produto.

Os sistemas tradicionais de plantio de coqueiros utilizam como principal fonte de nutrientes os adubos minerais por meio dos sistemas de fertirrigação. Contudo, o alto custo desses adubos, principalmente os nitrogenados, além dos problemas ambientais causados pelos mesmos, passam a ser uma nova fonte de preocupação para os produtores.

Nesse sentido, algumas alternativas às fontes tradicionais de adubos vêm sendo testadas, afim de diminuir os custos de produção e melhorar os recursos ambientais, como melhor aproveitamento da água e do solo. A utilização de adubos verdes vem sendo cada vez mais frequente nos processos de produção como opção à essa substituição, por apresentar muitas vantagens diante de baixos custos de implantação. Dentre as vantagens são citados o aporte de biomassa no solo, aumentando os teores de nutrientes e matéria orgânica, a preservação estrutura do solo, a cobertura e ocupação do solo evitando erosão, a retenção e manutenção da umidade do solo, entre outros.

Entre os adubos verdes mais utilizados destaca-se a espécie arbórea-arbustiva *Gliricidia sepium*, leguminosa bastante adaptada à região semiárida brasileira, resistente a seca e com característica de associação com microrganismos fixadores de nitrogênio. Sendo assim, a introdução da espécie pode ser uma alternativa ao fornecimento dos adubos nitrogenados, aproximando-se cada vez mais de uma agricultura mais sustentável.

A utilização de leguminosas consorciadas com uma cultura principal, visando fornecer nitrogênio para reduzir o aporte por meio de fontes minerais, exige a determinação da melhor forma de introdução e de manejo da leguminosa. É importante saber qual o espaçamento de estabelecimento da leguminosa propicia melhores condições para o maior acúmulo de biomassa e, conseqüentemente, de nitrogênio. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial da *Gliricidia sepium* e seus efeitos em atributos do solo mediante plantio em diferentes espaçamentos. A hipótese é que o menor espaçamento resulte em plantas estioladas, com

comprometimento do sistema radicular e com menor aporte de carbono (C) e nitrogênio (N) ao solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Importância da Fruticultura

São produzidas mais de 800 milhões de toneladas de frutas anualmente em todo o globo. O Brasil ocupa importante posição, sendo o terceiro colocado no ranking dos maiores produtores, ficando atrás apenas da China e Índia (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018). De acordo com o IBGE (2018), somente em 2016 foram colhidas 38,775 milhões de toneladas de frutas em todo território brasileiro. Além do grande volume de produto gerado, a fruticultura emprega cerca de 5 milhões de pessoas, o que corresponde por 16% do total do agronegócio (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2018).

O Brasil possui destaque na produção de frutas, papel que vêm tomando cada vez mais relevância e espaço. Em levantamento referente a safra 2016, o país teve crescimento de 26% em relação ao ano anterior somente na fruticultura (IBGE, 2017). Já para o ano de 2018, as exportações de frutas alcançaram a marca de 623 milhões de dólares, sendo os estados de São Paulo e o Ceará com as maiores participações nesse montante, com 20,8% e 18,24%, respectivamente (AGROSTAT/MAPA, 2018).

2.1.1 Fruticultura no nordeste brasileiro

Por estar localizado próximo a Linha do Equador, possuir alta incidência solar e a possibilidade de irrigação em polos produtivos de fruticultura, o nordeste brasileiro vem ganhando importante papel na produção de frutas tropicais para consumo interno e, principalmente, para exportação.

O estado do Ceará, por exemplo, tem grande destaque na produção de diversas frutas tropicais, como acerola, coco, melão, manga, melancia, caju, banana, pitaya, entre outras (ADECE, 2013). Dessas, o coco possui grande relevância, principalmente nas áreas irrigadas como a do perímetro Curu-Paraipaba, que passou a ter largo crescimento a partir dos anos 1990. De acordo com Cavalcante (2015), ao longo

desses quase 30 anos, o polo se tornou um dos principais na produção de coco verde do Brasil, contando com aproximadamente 600 produtores, sendo um dos maiores plantios de coqueiro anão, sediando uma grande indústria de processamento do fruto e utilizando insumos e maquinários dos mais modernos disponíveis. Além do consumo da água, o coco possui ainda potencial para uma grande diversidade de produtos a partir do fruto seco, quando o produto explorado passa a ser o endocarpo, comercializado em pedaços, ralado e servindo ainda para produção do leite e do óleo de coco.

2.2 Adubação das culturas

De acordo com Dias e Fernandes (2006), considerados um dos principais insumos do setor agrícola, os fertilizantes têm origem da atividade de mineração e da petroquímica. Classificados como os principais macronutrientes, os fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos compõem a mistura mais comumente comercializada na forma de adubo: a mistura NPK, que varia em proporções e qualidade de cada um de seus elementos.

Segundo Lima (2007), o petróleo é a principal fonte de origem dos adubos nitrogenados, enquanto que as extrações minerais geram matéria-prima para os adubos fosfatados e potássicos. As formulações comerciais dos adubos provêm da extração de ácidos das matérias-primas retiradas da natureza, que podem ainda gerar outros produtos.

No Brasil, mais de 50% da utilização de todo o fertilizante consumido concentram-se apenas nas culturas de soja e milho, que também são as duas commodities mais produzidas pelo setor agrícola brasileiro (DIAS e FERNANDES, 2006). No entanto, toda a demanda por esses fertilizantes não consegue ser suprida pelo mercado interno que possui apenas duas empresas em quatro campos produtivos. Essa dependência externa, da ordem de 55% do volume utilizado, principalmente da Rússia e da Ucrânia, faz com que o preço do insumo seja refém da taxa cambial internacional, causando um impacto considerável na balança comercial brasileira.

Para aumentar a produção de adubos nitrogenados, por exemplo, faz-se necessária a implantação de novas unidades de produção, que são inviabilizadas pelo seu alto custo de implantação, da ordem de R\$ 1,2 bilhões (LIMA, 2007).

2.2.1 Custos dos adubos na produção agrícola

Somente para soja no Brasil teriam que ser gastos em média cerca de R\$ 24,9 bilhões anuais para seus mais de 27,7 milhões de hectares plantados, mas esse valor é economizado por conta da inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio na cultura (HUNGRIA; CAMPOS; MENDES, 2001).

A redução do uso de fertilizantes nitrogenados significa aumento na renda dos produtores, pois os fertilizantes vêm aumentando de preço constantemente. Esta redução também representa melhoras no meio ambiente, com a maior absorção de N, que, pelas plantas, resultam em menores poluições ambientais causadas pela adubação nitrogenada (OSORIO FILHO *et al.*, 2016).

2.2.2 Problemas causados pela adubação

O sistema de manejo e uso do solo e o sistema de manejo dos adubos minerais e corretivos estão diretamente ligados ao aumento nas concentrações de nutrientes na superfície dos solos (BERTOL, 2005). Um dos problemas na utilização de adubos nitrogenados diz respeito à baixa eficiência de utilização, uma vez que, em um curto espaço de tempo, cerca de 50% do N aplicado no solo é perdido por lixiviação e transformações gasosas (desnitrificação e volatização) (HUNGRIA; CAMPOS; MENDES, 2001).

Lorenzini (2012) obteve, em estudo realizado com videiras, o dado de que as maiores concentrações de nitrogênio mineral, encontradas nas frações lixiviadas do solo, foram em parcelas que receberam as máximas doses aplicadas de fertilizante. O autor afirmou ainda que as maiores perdas de amônia do solo ocorreram nas doses mais elevadas de nitrogênio mineral aplicado, principalmente após cerca de dois dias de sua aplicação em superfície.

Adubos de liberação lenta e menos poluentes, além de criação de padrões de menores emissões de resíduos pelas fabricas de fertilizantes com severas multas, já são algumas pesquisas e ações regulatórias realizadas em países europeus e nos Estados Unidos (BITTENCOURT, 2009). Já as alternativas aos adubos minerais, que podem causar diversos problemas ao meio ambiente e aos seres vivos, vêm sendo utilizadas e estudadas, de acordo com Finatto (2013). O autor aponta que a adubação orgânica, além de tornar os solos mais produtivos e aumentar sua biodiversidade, cumpre ainda um

importante papel social ao diminuir o impacto gerado com o lixo orgânico e outros resíduos. Outra possibilidade ainda, é a utilização dos chamados adubos verdes.

2.3 Adubação verde

De acordo com Espindola *et al.* (2005) a adubação verde se baseia no plantio de espécies vegetais em rotação ou em consórcio com culturas de importância econômica. As plantas consideradas adubos verdes podem ser de ciclo anual ou perene, estando no campo durante um curto período de tempo ou ao longo de todo o ano. Normalmente são roçadas e incorporadas ao solo, porém podem ser mantidas em cobertura sobre a superfície do terreno, fornecendo nutrientes acumulados para o solo.

A utilização de adubos verdes na agricultura pode trazer inúmeras vantagens, entre elas destacam-se: a incorporação do N da atmosfera para o solo, por meio da FBN; funciona como cobertura para o solo, protegendo-o da erosão e da radiação solar direta; melhora a estrutura do solo, descompactando, aerando e aumentando a ciclagem de nutrientes, uma vez que seus sistemas radiculares melhoram a taxa de infiltração e retenção de água, aproveitando nutrientes lixiviados em camadas mais profundas; diminui a incidência de ervas daninhas na área de produção; aumenta o teor de matéria orgânica no solo pelo aporte de biomassa (ESPINDOLA; ALMEIDA; GUERRA, 2004; CARVALHO; SODRE FILHO, 2000).

O gênero *Crotalaria*, possui ainda a reconhecida capacidade de combater nematoides do solo (Silva *et al.*, 2018), enquanto que os adubos verdes se apresentam como única alternativa capaz de aumentar naturalmente os teores de N disponível no próprio local, principalmente quando realizadas as rotações de cultura utilizando gramíneas e pastos (REIS *et al.*, 2018).

Outro benefício importante proporcionado por adubos verdes é a influência positiva para microbiota do solo. O aumento da matéria orgânica (MO) no solo proporciona crescimento na biomassa microbiana, possuindo controle fundamental principalmente na decomposição, acumulação de MO e transformações dos nutrientes minerais, além de representarem uma reserva de nutrientes considerável, que são continuamente assimilados pelos organismos que integram o ecossistema (Batista *et al.*, 2013; Araújo e Monteiro, 2007).

2.4 Fixação biológica de nitrogênio

A fixação biológica de nitrogênio é, após a fotossíntese, o processo biológico mais importante para as plantas e para a vida na terra (XAVIER *et al.*, 2017). A maioria dos organismos vegetais e animais incorporam o nitrogênio somente na forma de íons amônio. Para isso, algumas espécies de bactérias, organismos unicelulares e procariotos são capazes de realizar essa transformação (REIS; TEIXEIRA, 2005). Esses organismos possuem um complexo enzimático conhecido como nitrogenase. Eles são capazes de quebrar a tripla ligação existente entre os átomos de N transformando-o em amônia. A amônia é nitrificada e sofre oxidação assim convertida em nitrato (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Amplamente difundida no Brasil, a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio na cultura da soja proporciona ao país uma concorrência direta com o mercado internacional de commodities, pois se apresenta como alternativa de baixo custo, suprimindo totalmente a necessidade de nitrogênio da cultura (BRACCINI *et al.*, 2016). De acordo com Moreira e Siqueira (2006) na safra de 2004 foram fixadas pelo menos 2.274 mil toneladas de N pela cultura, o que causou uma economia de cerca de 1,4 bilhão de dólares, valores que aumentaram bastante pela crescente área plantada da cultura no país, utilizando sempre a FBN como fonte de nitrogênio para a produção desse grão.

Contudo, outras culturas vêm ganhando aporte de nitrogênio por meio de consórcios com plantas que realizam associações com as bactérias fixadoras, como a cultura do café com o ingá (*Inga sp.*), que vêm apresentando ótimos resultados em produção na região de Minas Gerais (PINTO, 2016).

Em pesquisa desenvolvida para avaliar a transferência de N entre leguminosas (Gliricídia, crotalária e feijão guandu) para gravioleira e mangueira, observou-se que as fixadoras de nitrogênio adicionaram ao sistema uma quantidade de N superior à demandada pelas espécies frutíferas, se mostrando excelentes para o consórcio (PAULINO *et al.*, 2009).

A atividade de seres fixadores de nitrogênio pode ser afetada por diversos fatores, entre eles: genótipo e idade da planta, deficiência hídrica, temperaturas superiores a 34°C e até o nível de nutrição do solo, uma vez que o excesso de N-mineral reduz radicalmente a nodulação das leguminosas. Isso se deve ao fato de que a nodulação responde as demandas nutricionais da planta (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A FBN tem ainda importância na preservação ambiental, principalmente pela redução na quantidade de nitrato recebido por rios e lagos em virtude da lixiviação de N adicionado na forma de fertilizantes de alta solubilidade (REIS *et al.*, 2018).

2.5 Utilização de adubos verdes na fruticultura

A introdução de plantas arbóreas ou arbustivas em área de pomares demonstra-se ser uma alternativa viável para o fornecimento de nitrogênio para as espécies frutíferas, tendo em vista sua capacidade de fixar biologicamente o nutriente (ESPINDOLA *et al.*, 2006).

As melhoras na atividade e diversidade biológica do solo é outra característica positiva dos adubos verdes, o que possibilita ainda mais formas de fornecimento do N para as culturas de interesse comercial. De acordo com Buzinaro *et al.* (2009), pode-se avaliar os parâmetros microbiológicos de pomares de laranja utilizando adubos verdes, visto que o crescimento de bactérias e as atividades da desidrogenase e nitrificante foram estimuladas nas entrelinhas de plantio.

Outra característica que pode ainda ser vantajosa é a utilização dos adubos verdes que realizam a FBN quando comparados à vegetação espontânea. De acordo com Espindola *et al.* (2006), o uso de cobertura viva formada por leguminosas, como o amendoim forrageiro, cudzu tropical e siratro, ocasiona aumento da produtividade e da proporção de cachos colhidos em pomares de banana, e também reduz o ciclo da planta quando comparada à que possui somente vegetação espontânea.

2.6 *Gliricidia sepium*

A *Gliricidia sepium* é uma planta arbórea perene da família *Fabaceae* (ARAÚJO FILHO, 2012). É nativa do México, América do Sul e Central, possui porte médio e a altura pode variar de 12 a 15 metros. É uma planta que se desenvolve melhor em ambientes quentes e úmidos (CARVALHO FILHO *et al.*, 1997). De acordo com Andrade *et al.* (2015), o sistema radicular da *Gliricidia sepium* é bem desenvolvido e permite que a planta suporte períodos de até 8 meses de seca.

A espécie pode apresentar inúmeras aplicações como forrageira, cerca-viva, quebra-vento, produção de madeira e adubo verde, além de dispor de grande potencial para colaborar com a fertilidade de áreas degradadas. Por tolerar solos ácidos e pobres, aceita bem podas regulares, produz grande quantidade de biomassa e aglomera

relativamente mais nutrientes que outras leguminosas (EIRAS; COELHO, 2011). Por isso a *Gliricidia* é uma das plantas mais utilizadas como adubo verde, pois a cultura apresenta elevado teor de N e baixas quantidades de lignina e polifenóis (ALVES *et al.*, 2009). Em estudo realizado com *Gliricidia sepium* com diferentes fontes e quantidades de adubos, Fernandes *et al.* (2016) concluíram que a espécie não possui a necessidade de solos férteis para a sua propagação. No entanto, os autores recomendam sua utilização em solos profundos para promover melhor enraizamento.

Barros, Gomide e Carvalho (2013) analisaram a influência do espaçamento entre leguminosas e concluíram que o espaçamento entre plantas de 50 cm proporciona maior acúmulo de nutrientes e produção de fitomassa. Para *Gliricidia*, Rangel *et al.* (2011) indicam o espaçamento de 1 m entre as fileiras e 0,5 m entre as plantas para plantio adensado.

De acordo com Paula *et al.* (2015), as elevadas taxas de biomassa e o tempo de meia-vida curto da *Gliricidia sepium* ajudam, em longo prazo, a incrementar a fertilidade do solo e a disponibilidade dos nutrientes para as culturas que estão intercaladas na área de plantio. Para Barreto e Fernandes (2001), a *Gliricidia sepium* é capaz de aumentar a produtividade das culturas agrícolas as quais está associada, a partir da melhoria de característica químicas e físicas do solo, especialmente nas camadas mais superficiais.

2.7 Estudo de raízes

O espaçamento de plantio pode influenciar diretamente o crescimento em volume das plantas (LIMA *et al.*, 2013). Conseqüentemente o desenvolvimento das raízes também serão influenciados pelo espaçamento, observando geralmente um maior crescimento individual de raízes em densidades menores de plantio (STRECK *et al.*, 2014)

Entre as formas de coletar raízes, destacam-se: trado ou sonda, trincheira ou parede de perfil, monólitos, tradagem e placas com pregos. Segundo Miotti (2011 apud BOHM, 1979; FUGIWARA *et al.*, 1994), dentre essas, a opção menos destrutiva da área de estudo é a da sonda, pois sua coleta pode ser aplicada em uma área pequena. Contudo, pode ser feita em diferentes profundidades e em várias distâncias das plantas a serem estudadas, sendo que posteriormente as raízes serão lavadas e separadas, permitindo assim a coleta de muitas amostras sem comprometer o local de estudo.

As coletas de raízes por meio de sonda é um método de amostragem que se apresenta como alternativa viável na análise do sistema radicular, uma vez que permite por meio de um menor esforço quantificar a massa e ou volumes de raízes em uma menor quantidade de solo (SILVA-OLAYA, CERRI, CERRI, 2017).

Os estudos entre a interação solo-raiz ainda possuem muitos desafios por conta da complexidade dessa relação. Para tal problemática, o desenvolvimento de ferramentas que visem facilitar e acelerar esses estudos buscando menores custos, maior precisão e menor tempo de análise importância é fundamental. Com o avanço da informática, dispositivos foram criados com esse fim, entre eles destaca-se o processamento digital de imagens (PDI) de raízes (RAMOS *et al.*, 2009; NAME *et al.*, 2015).

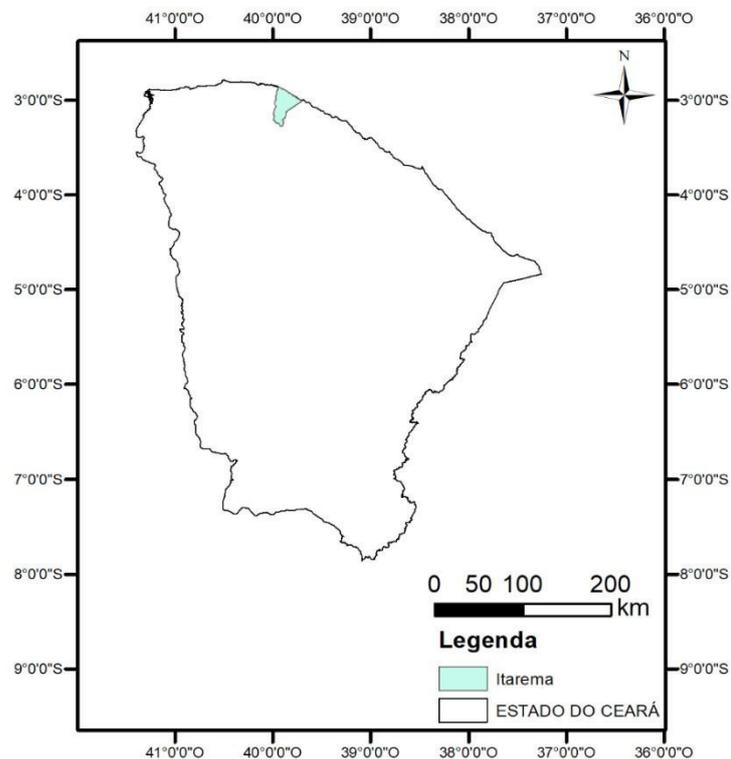
Entre os softwares utilizados na metodologia, são pioneiros o WinRHIZO™ (Arsenault *et al.* 1995) e o SIARCS® (Crestana *et al.* 1994). Porém, tais programas são pagos, e em 2008 foi lançado para o público nacional o SAFIRA (Sistema de Análise de Fibras e Raízes) por Jorge e Rodrigues (2008), que veio para substituir o SIARCS®. Desde esse momento, esse sistema pode ser empregado para estimar volume e outros parâmetros radiculares, sendo caracterizado por uma ferramenta de livre acesso. Conseqüentemente, outros softwares livres que utilizam PDI foram desenvolvidos como Image-J (Kimura *et al.* 1999 apud NAME *et al.*, 2015) e o IJ_Rhizo (Pierret *et al.* 2013 apud NAME *et al.*, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área

O trabalho foi conduzido em área comercial de coqueiro híbrido PB 121 plantados com o espaçamento triangular 9 x 9 x 9m, na fazenda Aguapé, situada na zona oeste do estado do Ceará, nas coordenadas geográficas 2°58'21S e 39°53'24W. A área pertence ao grupo Ducoco Litoral S.A e está localizada no município de Itarema – CE (Figura 1). A precipitação média anual do município é de 1.139 mm e a temperatura média anual é de 27 °C (IPECE, 2009). O solo da área é arenoso.

Figura 1 – Localização do município Itarema dentro do estado do Ceará.



Fonte: Magalhães, 2018.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC). Para as avaliações de germinação e crescimento da leguminosa foi considerado um fator de tratamento (3 espaçamentos entre as leguminosas: 1 x 1m, 1 x 0,5m e 1 x 0,25m) com quatro repetições, conforme esquematizado na Figura 2.

Figura 2 - Croqui das parcelas amostrais.

1 x 0,5 Gliricídia	1 x 0,25 Gliricídia	1 x 1 Gliricídia	1 x 1 Gliricídia
1 x 0,25 Gliricídia	1 x 0,5 Gliricídia	1 x 0,5 Gliricídia	1 x 0,25 Gliricídia
1 x 1 Gliricídia	1 x 1 Gliricídia	1 x 0,25 Gliricídia	1 x 0,5 Gliricídia

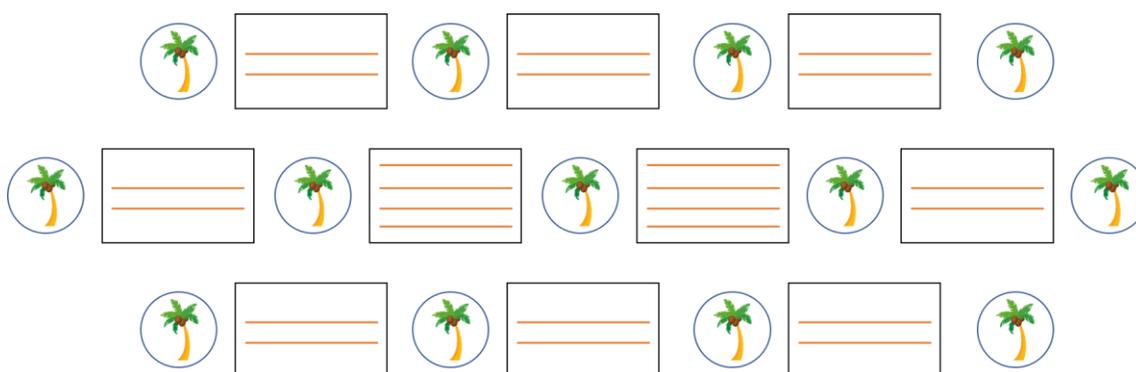
Fonte: Próprio autor.

Para as avaliações do sistema radicular da leguminosa e de atributos químicos do solo foi considerado um esquema fatorial 3 x 4 também com quatro repetições. Nesse caso, o primeiro fator de tratamento foi constituído por três espaçamentos de plantio das leguminosas (1 x 1m, 1 x 0,5m e 1 x 0,25m), enquanto que o segundo fator de tratamento foi constituído por quatro profundidades de coleta de amostras (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30cm e 30-40cm).

Cada parcela experimental foi constituída por 10 plantas de coqueiro, sendo a área útil composta pelas 3 plantas centrais (Figura 3). No entorno de cada planta de coqueiro foram semeadas as leguminosas nos espaçamentos que constituíram o primeiro fator de tratamento. As parcelas com os espaçamentos 1 x 1m, 1 x 0,5m e 1 x 0,25m entre as leguminosas resultaram no total de 120, 192 e 384 plantas, respectivamente.

Resultando em 48 amostras a serem analisadas, os tratamentos foram distribuídos de forma aleatória de acordo como visualizado no croqui (Figura 2). Para análises de raízes foram coletadas duas amostras simples para formar uma amostra representativa de cada parcela. Já para análises de N e C foram feitas apenas uma coleta de solo por tratamento.

Figura 3 – Parcela experimental entre coqueiros



Fonte: O próprio autor

3.3 Instalação e condução do experimento

As sementes utilizadas na instalação do experimento foram inoculadas com rizóbios, com o intuito de obter formação de nódulos nas raízes. O inoculante específico para a espécie foi adquirido na Embrapa Agrobiologia. As sementes foram inoculadas por meio de um inoculante turfoso e solução de sacarose (10%) como solução adesiva.

Antes da semeadura a área do experimento foi preparada (gradeada) para facilitar a retirada das buchas dos cocos presente no solo. As sementes foram colocadas em covas abertas respeitando os espaçamentos propostos como fator de tratamento. A semeadura das leguminosas foi realizada no período chuvoso da região, em abril de 2018.

3.4 Avaliações

3.4.1 Avaliação da germinação e do desenvolvimento inicial da leguminosa

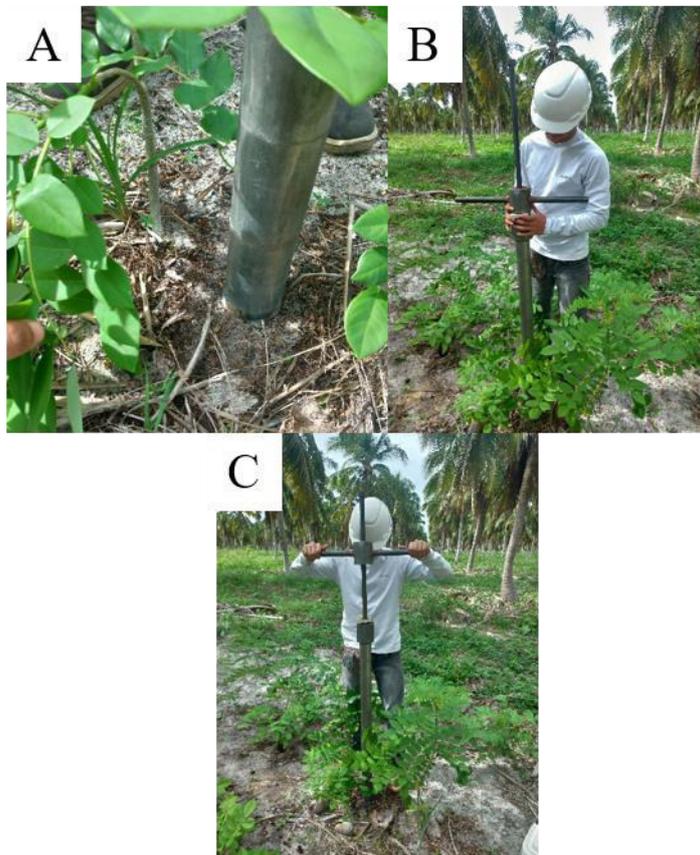
A avaliação de germinação das plantas foi realizada 60 dias após a data de semeadura, por meio da contagem de plantas vivas e desbaste das covas com mais de uma planta.

As avaliações de crescimento foram feitas por meio da medição da altura da planta, com uso de régua milimetrada e diâmetro do caule a 5 cm do solo com uso de paquímetro. As avaliações de crescimento foram realizadas 7 meses após da data de semeadura.

3.4.2 Determinação de atributos radiculares da *Gliricidia sepium*

Para a coleta das raízes da leguminosa foi utilizada uma sonda amostradora cujo diâmetro interno é de 4,5cm, que apresenta 100 cm de comprimento e é graduada a cada 10 cm para referência das coletas em relação a profundidade. Para coleta das amostras a sonda foi posicionada na área central da parcela, a 15 centímetros do caule de uma das plantas (Figura 4).

Figura 4 – Fotos da coleta de raiz com utilização de sonda.



Fonte: próprio autor. (A: Local de coleta da amostra; B: Preparação da sonda para coleta; C: Processo de batida para penetração da sonda)

Cada amostra coletada apresentou volume de 159 cm³. Após a coleta, as amostras foram separadas e lavadas com água, promovendo a separação entre raízes e solo. Em laboratório, as raízes lavadas foram colocadas em placas de vidro e escaneadas para obtenção das imagens (Figura 5). O software Safira foi utilizado para a análises das imagens, fornecendo valores referentes ao volume total, comprimento total e área superficial total de raiz em classes de diâmetro. Os valores das classes de diâmetro de raízes em cada amostra também foram obtidos.

Figura 5 – Processo de limpeza e obtenção de raízes de *Gliricídia*.



Fonte: O próprio autor. (A: Lavagem do solo para separação de raízes; B: Raízes após o processo de lavagem do solo; C: Raízes de *Gliricidia* separadas e prontas para serem scaneadas)

3.4.3 Análises químicas do solo

As amostras coletadas com a sonda foram retiradas em duplicada, de modo que uma foi reservada ao estudo das raízes e a outra amostra foi destinada à determinação de atributos químicos do solo. Após coleta cada amostra foi armazenada em saco plástico, identificada e colocada em isopor com gelo imediatamente após a coleta. O preparo das amostras e as análises foram realizados de acordo com método descritos por Teixeira *et al.* (2017).

O carbono (C) foi extraído pelo método da oxidação por via úmida utilizando dicromato de potássio em meio sulfúrico e determinado na presença de sulfato ferroso amoniacal de acordo com Teixeira *et al.* (2017).

O nitrogênio (N) foi quantificado após o processo de digestão com ácido sulfúrico e submetido a destilação a vapor após forte alcalinização com adição de soda cáustica, arrastada para solução de ácido bórico com indicadores. A titulação do ácido bórico ocorre pela titulação com ácido sulfúrico e assim quantificado o valor de N total (TEIXEIRA *et al.* 2017)

3.5 Análises estatísticas

A análise estatística foi feita com o emprego do programa estatístico Sisvar versão 5.3 (Ferreira, 2000). Para a realização da análise, os dados foram submetidos à teste de normalidade de Shapiro-Wilk e aqueles que não apresentaram distribuição normal foram subordinados à transformação Box-Cox através do SAS (Statistical

Analysis System, 1995), realizando-se a normalização dos dados. Os dados normalizados foram então submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento em blocos casualizados, e, quando significativo, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Germinação e desenvolvimento inicial da *Gliricidia sepium*

A porcentagem de germinação das sementes de *Gliricidia sepium* não diferiu em resposta ao espaçamento entre plantas (Tabela 1). A taxa média de germinação foi de 72,2%, com o menor valor (63,8%) observado no espaçamento 1 x 1m e o maior valor (78,2%) observado no espaçamento 1 x 0,25m).

Tabela 1 - Taxa de germinação da *Gliricidia sepium* em consórcio com coqueiros em diferentes espaçamentos.

Espaçamento (m)	Germinação (%)
1x0,25	78,2a
1x0,5	74,5a
1x1	63,8a
Média	72,2
CV (%)	11,8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Torres e Mello (1994), estudando a germinação de *Gliricidia sepium*, constataram valores de 64% em papel germitest e 83% em vermiculita. Silva *et al.* (2018) testaram diferentes formas de armazenamento de sementes em temperatura ambiente ($27\pm 3^{\circ}\text{C}$) e obtiveram taxas de germinação entre 54%, quando as sementes foram armazenadas em sacos plásticos, e 61% quando as sementes foram armazenadas em garrafa PET. Os resultados dos autores citados indicam que, no presente estudo, as condições de campo resultaram em taxas de germinação satisfatórias quando comparadas com as condições de laboratório.

No que se refere ao desenvolvimento inicial das mudas, não houve diferença significativa no diâmetro do caule das plantas após 8 meses de desenvolvimento (Tabela 2). O menor diâmetro das plantas foi 9,3 mm e ocorreu no espaçamento 1 x 0,25m, já o maior diâmetro das plantas foi 11,7 mm e ocorreu no espaçamento 1 x 1m. Já em relação

a altura, houve diferença significativa com as plantas cultivadas no espaçamento 1 x 1 metro apresentando a maior altura (43,6 cm) e as plantas no espaçamento 1 x 0,25m apresentando a menor altura (33,1 cm) (Tabela 2).

Tabela 2 – Diâmetro e altura de *Gliricidia sepium* aos 8 meses de idade em diferentes espaçamentos de plantio.

Espaçamento(m)	Diâmetro (mm)	Altura (cm)
1 x 0,25	9,3 a	33,1 b
1 x 0,5	9,7 a	34,8 ab
1 x 1	11,7 a	43,6 a
Média	10,3	37,2
CV (%)	19,3	21,9

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os espaçamentos pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborada pelo autor.

No menor espaçamento, que resulta em maior densidade de plantio, deve ter ocorrido interferências prejudicando o crescimento da planta em altura. O adensamento promove interferência na qualidade e quantidade da luz que atinge o interior do dossel, incrementando a quantidade de vermelho distante (VD) e diminuindo a quantidade do vermelho (V) (ROCHA; FORNASIE; BARBOSA, 2011), o que pode ser determinante para o desenvolvimento das plantas. May *et al.* (2012) afirmam que a competição por luz é um dos fatores de interferência que acarreta maior impacto sobre o desenvolvimento nas plantas, pois delimita a fonte predominante de energia aos processos básicos de recrutamento de elementos e de composição de todas as substâncias envolvidas no crescimento do vegetal.

Horn *et al.* (2000) também constataram aumento linear para altura de plantas, em plantio de leguminosa (*Phaseolus vulgaris*), testando as mesmas densidades de plantio do presente estudo visualizando maiores alturas no maior espaçamento. Já Fernandes *et al.* (2014) e Ferreira *et al.*, (2014) observaram comportamento contrário em plantio de cana de açúcar, no qual o adensamento de plantio favoreceu o crescimento em altura das plantas, o que demonstra comportamento distinto entre famílias de plantas diferentes.

O adensamento de plantio promove o estiolamento das plantas, pela competição de luz (BIZINOTO, *et al.*,2010). No presente trabalho, não foi observada diferença estatística entre o espaçamento mais adensado (1x0,25m) e o intermediário

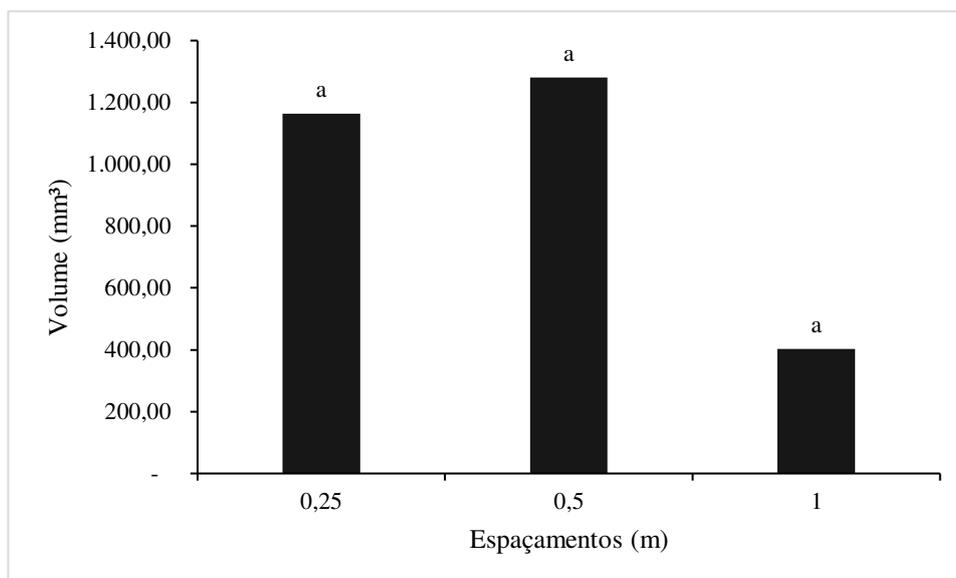
(1x0,5m) para a variável altura, o que pode indicar um possível estiolamento das plantas de *Gliricidia sepium* em espaçamentos menores.

BARROS, GOMIDE e CARVALHO (2013) analisaram a influência do espaçamento entre leguminosas e concluíram que o espaçamento entre plantas de 50cm proporciona maior acúmulo de nutrientes e produção de fitomassa. Para *Gliricídia*, Rangel *et al.* (2011) indicaram o espaçamento de 1 m entre as fileiras e 0,5 m entre as plantas para plantio adensado. No presente estudo ainda há necessidade de avaliar a biomassa produzida pela leguminosa para então inferir sobre o espaçamento ideal de plantio.

4.2 Atributos radiculares da *Gliricidia sepium*

Não houve diferença estatística para volume total de raízes nos diferentes espaçamentos, o que certamente ocorreu em virtude da elevada variabilidade dos dados. Os resultados de atributos radiculares geralmente apresentam elevada variabilidade. Maria, Castro e Dias (1999) obtiveram coeficientes de variação acima de 50% estudando densidades das raízes de soja. Já Vasconcelos *et al.* (2003) obtiverão valores acima de 40% no coeficiente de variação, em estudo radiculares de cana de açúcar. Contudo, o volume de raízes excedeu os 1.000 mm³ nos espaçamentos de 1 x 0,25m e 1 x 0,5m e foi de aproximadamente 400 mm³ no espaçamento mais amplo (1 x 1m) (Figura 6).

Figura 6 - Volume de raízes (mm³) de *Gliricidia sepium* em plantio consorciado com coco em diferentes espaçamentos de estabelecimento da leguminosa



Médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os espaçamentos pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para volume total, os dados foram transformados para BoxCox com $\lambda = -4$

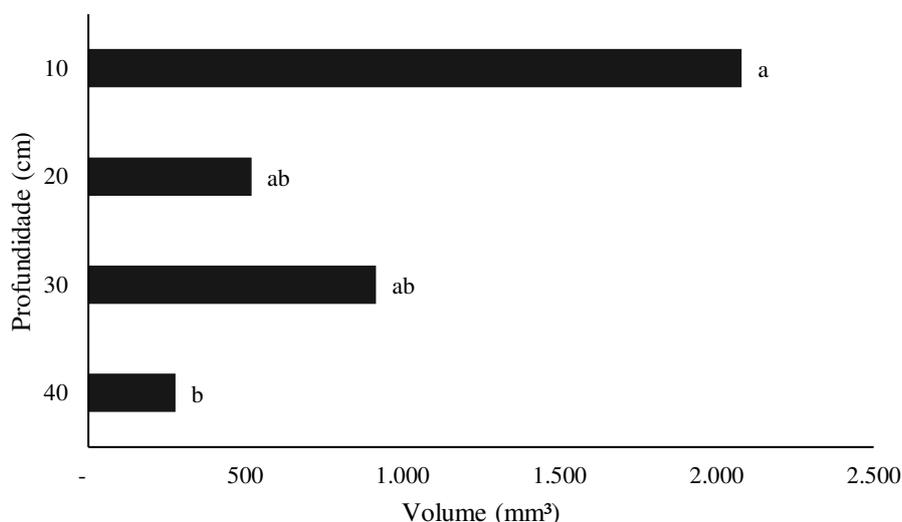
Fonte: Elaborada pelo autor.

O espaçamento 1 x 1m apresentou menor volume de raízes por possuir menos plantas em campo em virtude da menor porcentagem de sobrevivência, conforme apresentado na Tabela 1. A maior quantidade de raízes por volume de solo mediante menor espaçamento de plantio já foi observada em outro estudo. Em estudo realizado com a cultura do café, Ronchi *et al.* (2015) concluíram que a redução no espaçamento de plantio aumenta a quantidade de raízes por volume de solo, sem alterar a qualidade do sistema radicular e sem torná-lo mais profundo.

Adicionalmente, o maior volume de raízes nos espaçamentos 1 x 0,25m e 1 x 0,5m deve apresentar relação com a biomassa de parte aérea. GOMÉZ *et al.* (2002, apud Oranje & Hatiao, 1991) visualizaram maiores produções de biomassa de *Gliricidia sepium* no espaçamento de plantio 0,5 x 0,5m.

Ao analisar o volume radicular em profundidade, a camada de 0-10 cm se destacou em relação às demais, apresentando cerca de 2.000 mm³ de raízes em comparação com as outras camadas que apresentaram volume de raízes inferior a 1.000 mm³ (Figura 7)

Figura 7 - Volume de raízes (mm³) de *Gliricidia sepium* ao longo do perfil do solo cultivadas em consórcio com coqueiros.

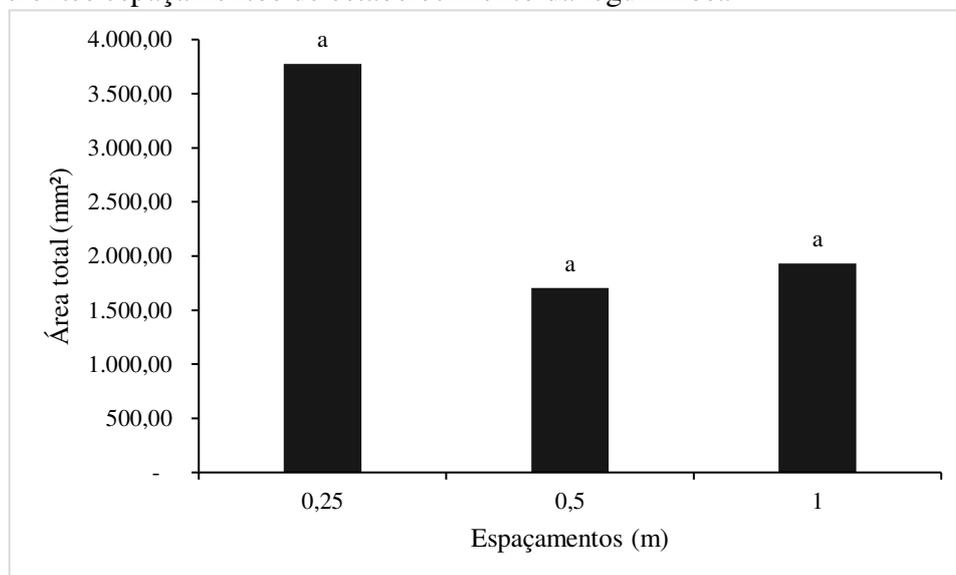


Médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença entre as profundidades pelo teste de Tukey a 5% de significância.¹Para Volume total, os dados foram transformados para BoxCox com lambda (λ) = ⁻⁴

Fonte: Elaborada pelo autor.

A área superficial de raízes também não diferiu em resposta ao espaçamento entre as leguminosas (Figura 8). Contudo, similar ao observado para o volume, a maior área superficial radicular (aproximadamente 5.000 mm²) foi observada na camada de 0-10 cm (Figura 9).

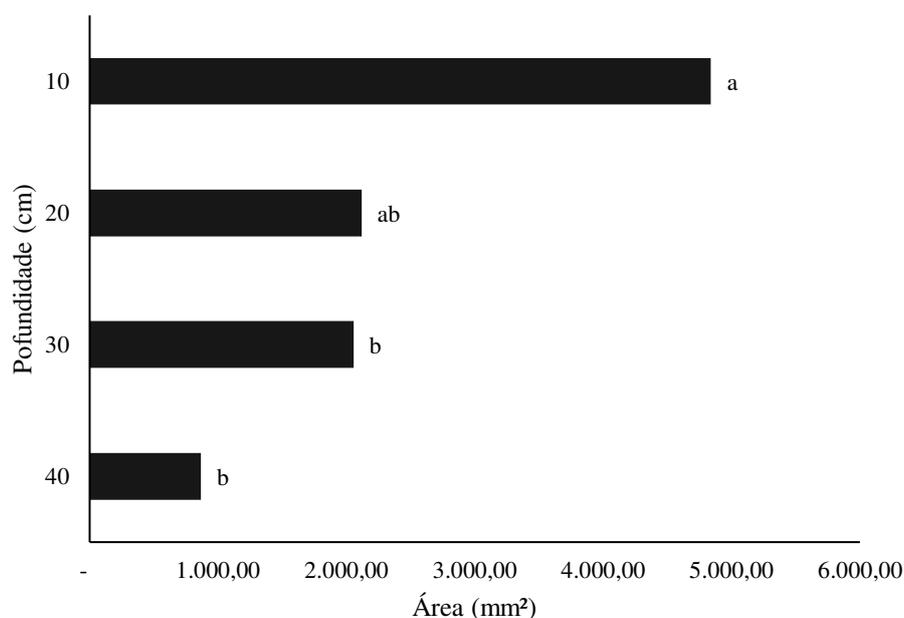
Figura 8 - Área de raízes (mm²) de *Gliricidia sepium* em plantio consorciado com coco em diferentes espaçamentos de estabelecimento da leguminosa



Médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os espaçamentos pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para área total, os dados foram transformados para BoxCox com $\lambda = -4$.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 9 - Área total de raízes de *Gliricidia sepium* ao longo do perfil do solo cultivadas em consórcio com coqueiros.



Médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os espaçamentos pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para área total, os dados foram transformados para BoxCox com $\lambda = -4$.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Constatou-se uma diferença de 43,28% no volume de raízes da camada de 20-30cm quando comparada com o volume radicular na camada de 10-20cm (Figura 7). Contudo, a área superficial radicular das raízes nessas camadas diferiu em apenas 2,92%. Podemos inferir, a partir disso, que nessa camada mais profunda há raízes de maior comprimento, corroborando com a tendência de crescimento profundo das raízes de *Gliricidia sepium*. (EDVAN *et al.*, 2016; GOMÉZ *et al.*, 2002; ANDRADE *et al.*, 2015).

Também não houve diferença entre os espaçamentos testados para o diâmetro médio das raízes. O diâmetro médio das raízes foi de 0,56 mm, sendo o menor diâmetro (0,47 mm) observado no espaçamento 1 x 1m e o maior diâmetro (0,65 mm) observado no espaçamento 1 x 0,25m (Tabela 3).

Tabela 3 – Diâmetro ponderado de raízes de *Gliricidia sepium* em diferentes espaçamentos de plantio.

Espaçamento (m)	Diâmetro (mm)
1x0,25	0,65a
1x0,5	0,57a
1x1	0,47a
Média	0,56
CV (%)	56,5

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os espaçamentos pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Dentre as profundidades estudadas também não foram visualizadas diferenças estatísticas para o diâmetro radicular (Tabela 4). Porém, a formação de raízes de maior diâmetro, na medida em que aumenta a profundidade, revela o comportamento morfológico da planta, que explora camadas tanto superficiais como as mais profundas, promovendo a mesma conhecida característica de resistência a secas por apresentar sistema radicular bastante profundo.

Tabela 4 - Diâmetro ponderado de raízes de *Gliricidia sepium* em diferentes profundidades.

Profundidade (cm)	Diâmetro (mm)
0 – 10	0,47a
10 – 20	0,55a
20 – 30	0,60a
30 – 40	0,64a

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença entre os espaçamentos pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Abichequer (2004) afirma que a arquitetura das raízes de cada espécie define quais camadas do solo a planta irá explorar. Assim, o maior volume e a maior área de raízes de *Gliricidia sepium* observados neste estudo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm indicam que essas profundidades serão as mais exploradas pela leguminosa para obtenção de água e nutrientes. Contudo as raízes do coqueiro com mais de 5 anos de idade, pode alcançar distâncias laterais a mais de 4 metros de seu caule, com maiores concentração de raízes até 60 cm de profundidade (MIRANDA, *et al.*, 2003), o que pode aumentar a competição por água e nutrientes entre leguminosas e coqueiros.

Gei e Power (2015) contataram que, em condições de florestas tropicais heterogêneas, a *Gliricidia sepium* tem o potencial de explorar diferentes zonas subterrâneas, visto que apresenta raízes mais finas com distribuição mais superficial no perfil do solo. Essa distribuição, poderia ser atribuída à mineralização de nutrientes em uma camada de serapilheira de alta qualidade com altas velocidades de decomposição. De certa forma, na área em que foi realizado o presente estudo, este fato que pode ser observado mediante deposição dos restos vegetais da cultura do coco (palha, cascas de frutos) que são dispostos no campo.

A variação da magnitude radicular da planta está diretamente relacionada a sua capacidade de absorver nutrientes (BATISTA *et al.*, 2016). Chimento e Amaducci (2015) afirmam que raízes com diâmetros inferiores a 2,0 mm, conforme as que foram observadas no presente estudo, desempenham papel essencial no ecossistema e nas funções fisiológicas das plantas, tais como assimilação (<0,5 mm) e transporte (0,5-2,0 mm) de água e nutrientes. De acordo com JESUS *et al.* (2006), quanto mais fina a raiz, maior sua capacidade de absorver água, por possuir menor espessura da parede celular e maior permeabilidade da membrana.

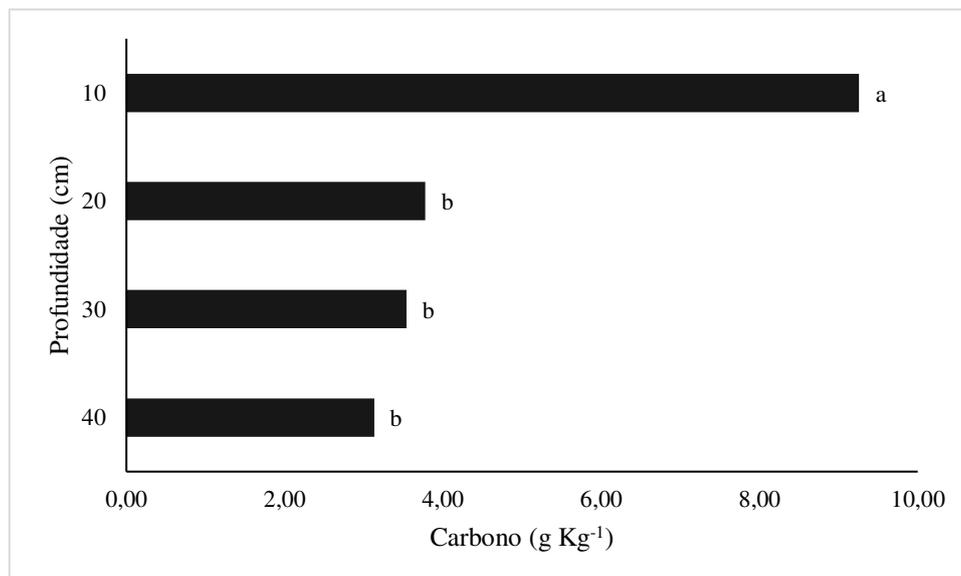
Uma avaliação adicional feita nas raízes das leguminosas foi a contagem dos nódulos de fixação biológica de nitrogênio. Entretanto, ao realizar essa avaliação não foram encontrados nódulos. Tal fato pode ter ocorrido devido à forte chuva ocorrida logo após a realização da semeadura. A precipitação de 170 mm, associada ao solo de textura arenosa, contribuiu com a remoção do inoculante. Adicionalmente, ao término do período chuvoso as plantas enfrentaram período de déficit hídrico considerável, que também comprometeu a colonização natural da rizosfera. Conforme observado por Gei e Powers (2015), em solos com umidade abaixo de 20% os nódulos de *Rizobium* na cultura da *Gliricidia sepium* não conseguem se desenvolver.

4.3 Atributos químicos do solo

Para a variável carbono, não houve diferença nos teores em resposta aos espaçamentos de plantio de *Gliricidia sepium*. Por outro lado, já foi observado que espaçamentos de plantio menos adensados da leguminosa resultaram em menores teores de C e, conseqüentemente, de matéria orgânica do solo (LÓPEZ *et al.*, 2014). No entanto, ao avaliar as profundidades, na camada superficial (0-10cm) foram observados os maiores teores de C, diferindo estatisticamente de todas as outras profundidades (Figura 7). De

forma geral, observa-se tendência em todos os espaçamentos testados de haver maior teor de carbono na camada superficial e diminuição dos teores com o aumento da profundidade.

Figura 10 - Carbono orgânico total (g kg^{-1}) em área cultivada com *Gliricidia sepium* em consórcio com coqueiros.



Médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença entre as profundidades pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O teor de carbono na camada de 0-10 cm foi de, aproximadamente, 10 g kg^{-1} , enquanto que a partir da camada de 10-20 cm o teor ficou abaixo de 4 g kg^{-1} (Figura 7). Como as plantas de *Gliricidia sepium* ainda estavam em fase inicial de desenvolvimento, a maior parte do carbono encontrado no solo na área de influência das leguminosas deve ser proveniente dos restos culturais do próprio plantio de coqueiros.

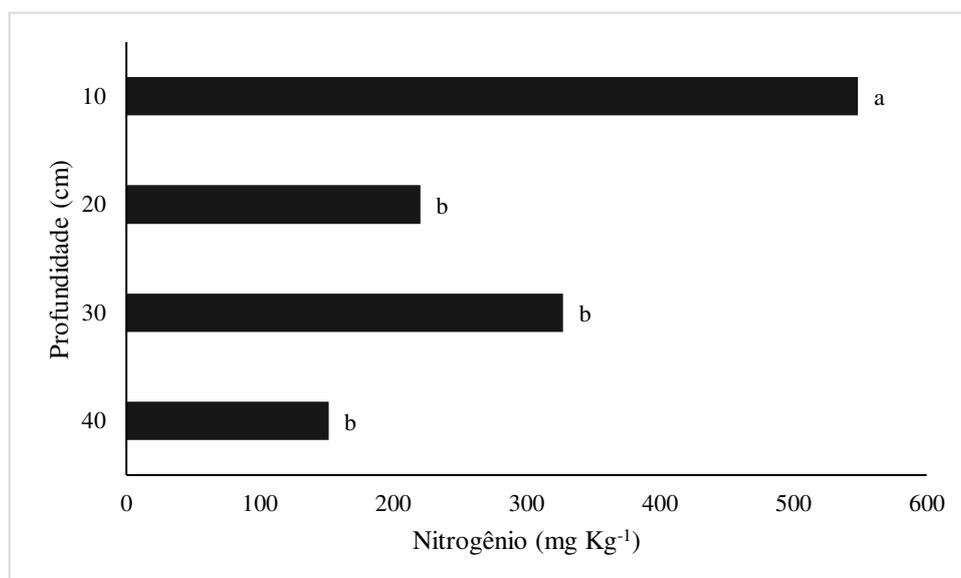
Ao longo do perfil do solo os teores de carbono são influenciados diretamente pela quantidade de material orgânico (CALDEIRA *et al.*, 2003), além da maior densidade radicular. Enfatiza-se ainda que as práticas de manutenção de vegetação morta e o não revolvimento do solo favorecem a agregação do solo (LOSS *et al.*, 2014).

Os valores de C encontrados na camada superficial (0-10cm) do presente estudo aproximam-se aos valores encontrados por outros autores em estudos com leguminosas (Tiessen *et al.*, 1998; Caldeira *et al.*, 2003; Guimarães; Gonzaga; Melo Neto, 2014; Couto *et al.*, 2017). Os teores de C encontrados neste estudo estão entre 3 e 10 g kg^{-1} . De acordo com Bernardi *et al.* (2007 apud Tiessen *et al.* 1998), nos solos do nordeste esses valores podem variar de 4 a 11 g kg^{-1} .

kg⁻¹, em solos de textura média. Contudo, no presente estudo, os baixos teores de C estão ligados, principalmente, à baixa capacidade do solo de fixar o elemento, principalmente por sua textura arenosa e baixos valores de MO.

No que diz respeito aos teores de N, os espaçamentos testados não influenciaram os teores do nutriente no solo, diferente do observado por López *et al* (2014) que constataram menores teores de N na profundidade de 10-20 cm do solo quando a *Gliricidia sepium* foi cultivada com espaçamento menos adensados. Entretanto, assim como o carbono, a camada superficial (0-10 cm) apresentou os maiores teores de N (550 mg kg⁻¹), conforme observado na Figura 8.

Figura 11 - Nitrogênio total (mg Kg⁻¹) em áreas cultivadas com *Gliricidia sepium* em consórcio com coqueiros.



Médias seguidas por diferentes letras minúsculas indicam diferença entre as profundidades pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na camada de 10-20 cm o teor de N diminuiu para cerca de 200 mg kg⁻¹, voltando a aumentar para valores próximos a 300 mg kg⁻¹ na camada de 20-30 cm, mas sem apresentar diferença estatisticamente significativa (Figura 8). Esse resultado é interessante por mostrar que os maiores teores do nutriente estão nas camadas superficiais (com destaque para 0-10 cm) que mais possuem raízes das leguminosas.

Os maiores teores de N na camada superficial se devem, principalmente, ao material orgânico constantemente aportado pela cultura do coqueiro e que está em decomposição. A decomposição do material orgânico, resultando na mineralização do N, também é favorecida pelo aumento da população microbiana que se beneficia da

manutenção da umidade proporcionada, tanto pelo material como pela sombra gerada pelos coqueiros, similar aos resultados encontrados por LÓPEZ *et al.* (2014), quando testados diferentes espaçamentos de *Gliricidia sepium* para utilização como cerca viva.

A disponibilidade desse nutriente no solo em virtude da presença da leguminosa só é favorecida quando a biomassa da planta é incorporada ao solo, sendo até maior do que aquela proporcionada pelo uso de outras fontes de nitrogênio, como esterco (PRIMO *et al.*, 2014). Assim, é importante manter a leguminosa no campo e realizar o manejo que viabilize a disponibilidade do nitrogênio contido em sua biomassa. De acordo com Diniz *et al.* (2015), a *Gliricidia sepium* tem altas taxas de produção de biomassa, podendo favorecer a longo prazo o aumento da fertilidade do solo e disponibilidade de nutrientes para as outras culturas, pois possui tempo de meia-vida curto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao avaliar o desenvolvimento inicial da *Gliricidia sepium* e seus efeitos em atributos do solo mediante plantio em diferentes espaçamentos não foi visualizada influência nos diferentes espaçamentos de plantio.

A *Gliricidia sepium* possui um alto desenvolvimento radicular na camada superior do solo, o que pode ajudar no controle de erosão superficial, além de uma tendência a raízes de maior diâmetro em profundidade, o que traz uma maior resistência a seca para essa planta.

O uso de *Gliricidia sepium* como adubo verde fornece um aporte de N e fixação de C na camada mais superficial do solo, podendo assim servir como fonte de nutrientes para plantas em consórcio além de realizar serviços ambientais imprescindíveis.

Sugere-se ainda estudos mais profundos com plantas com a realização de fixação biológica de nitrogênio ativa, a fim de comprovar um aporte ainda maior desse nutriente para o solo.

REFERÊNCIAS

- ABICHEQUER, A. D. **Morfologia e distribuição de raízes de arroz irrigado por inundação e sua relação com a absorção de nutrientes e o rendimento de grãos.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Tese. 66p. 2004. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/4317>> Acesso em: 29 de maio de 2019
- AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ. **Frutas do Ceará.** Disponível em: <<http://www.adece.ce.gov.br/phocadownload/Agronegocio/folderfrutasadece.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2018.
- AGROSTAT - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro.** MINISTERIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Brasil. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2018.
- ALVES, R. N. *et al.* Relação entre qualidade e liberação de N por plantas do semiárido usadas como adubo verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande. v. 15. n. 11, p.1107-1114. 14 jul. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n11/01.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2019.
- ANDRADE, B.M.S. *et al.* Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em Sistemas Agropecuários Sustentáveis. **Scientia Plena**, v.11, n. 4, 2015.
- ANUARIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2015.** Santa Cruz do Sul. Gazeta. Anual. 2015. Disponível em: <<http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-da-fruticultura-2015/>>. Acesso em: 10 fev. 2018.
- ARAÚJO FILHO, J. A de. **Manejo pastoril sustentável da caatinga.** Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2012. 200p.
- ARAÚJO, A. S. F. e MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, vol. 23, n. 3, p. 66-75. 2007. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6684/4403>> Acesso em: 08 de maio de 2019.
- ARNOLD, K. Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods. Part 1. 2 ed. **American Society of Agronomy.** Madson. P. 383-411. 1986. Disponível em: <http://redbiblio.unne.edu.ar/pdf/0603-003891_I.pdf> Acesso em: 28 de mai. 2019
- ARSENAULT J. L., *et al.* WinRHIZO™, a Root-measuring System with a Unique Overlap Correction Method. **HortScience**, Vol. 30, pp. 906. 1995. Disponível em: <<https://journals.ashs.org/hortsci/abstract/journals/hortsci/30/4/article-p906D.xml>> Acesso em: 20 de abril de 2019
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa agropecuária brasileira.** Brasília, v.36. n.10, p. 1287-1293. Oct. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2001001000011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 mai. 2019.

BARROS, D. L.; GOMIDE, P. H. O.; CARVALHO, G. J. Plantas de cobertura e seus efeitos na cultura em sucessão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, ano 2, v. 29, p. 308-318, mar/abr 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13937>> Acesso em: 8 maio 2019.

BATISTA, M. A.V.; *et al.* Atributos microbiológicos do solo e produtividade de rabanete influenciados pelo uso de espécies espontâneas. **Revista Horticultura Brasileira**. Vol. 31, n. 4, p.587-594. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v31n4/13.pdf>> Acesso em: 15 de maio de 2019

BATISTA, R. O. *et al.* Root morphology and nutrient uptake kinetics by australian cedar clones. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 29, n. 1, p. 153-162, jan. mar., 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3764/pdf_347> Acesso em: 27 de maio de 2019

BERNARDI, A. C. de C.; *et al.* Carbon and nitrogen stocks of an Arenosol under irrigated fruit orchards in semiarid Brazil. Piracicaba. **Scientia Agricola**. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162007000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 de junho de 2019.

BERTOL, O. J. **Contaminação da água de escoamento superficial e da água percolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta**. 209 f. Tese - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/2216/T%20-%20OROMAR%20JOAO%20BERTOL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da Agricultura no meio ambiente: Principais tendências e desafios. **Economia & Tecnologia**. Ano 05. Vol. 18. Jul/Set. 2009 Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/ret/article/view/27144/18070>> Acesso em: 20 de fev. de 2019.

BIZINOTO, T. K. M. C.; *et al.* Cultivo da mamoneira influenciada por diferentes populações de plantas. v. 69, n. 2, p. 367-370. **Bragantia**. Campinas. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052010000200014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 de junho de 2019.

BRACCINI, A. L.; *et al.* Co-inoculação e modos de aplicação de bradyrhizobium japonicum e azospirillum brasilense e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 1, p.27-35, jan. 2016. Disponível em: <<http://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/10565/9516>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

BUZINARO, T. N.; BARBOSA, J. C.; NAHAS, E. Atividade microbiana do solo em pomar de laranja em resposta ao cultivo de adubos verdes. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal. v. 31, n. 2, p. 408-415, jun. 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452009000200014&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 30 out. 2018.

- CALDEIRA, M. V. W.; *et al.* Determinação de carbono orgânico em povoamentos de *Acacia mearnsii* DE WILD. plantados no Rio Grande do Sul. **Revista Acadêmica Ciência Animal**. v. 1, n. 2, p. 47 - 54, abr. 2003. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/14913/14442>>. Acesso em: 29 maio 2019.
- CARVALHO FILHO, O.M. *et al.* **Gliricidia sepium – leguminosa promissora para as regiões semi-áridas**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1997. 17 p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 35).
- CARVALHO, A. M. de; SODRE F. J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2000. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/555020>> Acesso em: 06 de maio de 2019
- CAVALCANTE, L. V. Os novos espaços da produção de coco no ceará: um olhar para os perímetros irrigados. **Sociedade e Território**, Natal, v. 27, p.289-308. Edição Especial I – XXII ENGA. set. 2015. Disponível em: <<file:///C:/Users/ruanc/Desktop/7426-Texto%20do%20artigo-21122-1-10-20151001.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2019.
- CHIMENTO, C.; AMADUCCI, S. Characterization of fine root system and potential contribution to soil organic carbon of six perennial bioenergy crops. **Biomass and Bioenergy**, v.83, p.116-122, 2015) Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/journal/biomass-and-bioenergy/vol/83/suppl/C>> cesso em: 27 de maio de 2019
- COUTO, W. H; *et al.* Carbono, Nitrogênio, Abundância Natural de $\Delta^{13}C$ e $\Delta^{15}N$ do Solo sob Sistemas Agroflorestais. **Floresta Ambient**. Seropédica, v. 24, 2017. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872017000100178&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 29 maio 2019
- CRESTANA, S.; *et al.* Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas. v.18, p. 365-371. 1994. Disponível em: <<https://www.scienceopen.com/document?vid=4f28e826-e737-4ce7-ab44-c564085b89b4>> Acesso em: 10 de abril de 2019.
- DIAS, V. P.; FERNANDES, E. **Fertilizantes: uma visão global sintética**. BNDES Setorial, n. 24, p. 97-138, set. 2006. Disponível em:<<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2657>> Acesso em: 15 de fev. 2019
- DINIZ, P. P. *et al.* Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *gliricidia sepium* e *acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. **Ciência Florestal**. V. 25, n. 3, p. 791-800, set. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/19696/11733>>. Acesso em: 04 jun. 2019
- DONAGEMA, G. K.; *et al.* **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- EDVAN, R. L.; *et al.* Análise de crescimento da *Gliricidia* submetida a diferentes manejos de corte. **Archivos de Zootecnia**. Universidad de Córdoba. Córdoba. VOL. 65 NUM. 250 p. 163-169. 2016. Disponível em: <<https://www.uco.es/servicios/ucopress/az/index.php/az/article/view/483/460>>. Acesso em: 29 de maio de 2019

EIRAS, Priscila Pixoline ; COELHO, Fabio Cunha. Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. **Revista Científica Internacional**. Campos dos Goytacazes. abril/junho 2011. Disponível em: <http://www.interscienceplace.org/isp/index.php/isp/article/view/166/164>. Acesso em: 9 mai 2019.

ESPINDOLA, J. A. A.; *et al.* Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília.v.41. n.3. p. 415-420. Mar. 2006. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2006000300007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 Out. 2018

ESPINDOLA, J. A. A.; *et al.* **Adubação Verde com Leguminosas**. Brasília. Embrapa. p. 48. 2005. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11957/2/00076310.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

ESPINDOLA, J. A. A; ALMEIDA, D. L; GUERRA, J, G, M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica. Documento 174. Embrapa. 2004. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/32095/1/doc174.pdf> > Acesso em: 19 de mai. 2019

FERNANDES, G. T.; *et al.* **Avaliação do crescimento inicial da *Gliricidia sepium* nas condições edafoclimáticas da região do bico do papagaio - TO**. In: 7ª JICE - JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO, 7., 2016, Araguatins. Anais. Araguatins: Ifto, 2016. p. 1 - 5. Disponível em: <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/7jice/paper/view/7603>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

FERNANDES, P. G. *et al.* Influência do espaçamento e da população de plantas de sorgo sacarino em diferentes épocas semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.6, p.975-981, jun, 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103103/1/Influencia-espacamento.pdf>> Acesso em: 05 Jun. 2019

FERREIRA JUNIOR, Ricardo A. *et al.* . Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio. **Revista brasileira engenharia agrícola ambiental**. Campina Grande , v. 18, n. 8, p. 798-804, ago. 2014 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014000800003&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 05 jun. 2019.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000. 66p.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000. 66p.

FILHO, B. D. O.; *et al.* Promoção de crescimento de arroz por rizóbios em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Ciencia Rural**, Santa Maria , v. 46, n. 3, p. 478-485, mar. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782016000300478&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 12 de mai. 2019.

FINATTO, J.; *et al.* A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista Destaques Acadêmicos**. v. 5, n. 4, dez. 2013. ISSN 2176-3070. Disponível em: <<http://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/327/322>>. Acesso em: 30 out. 2018.

GEI, M. G.; POWERS, J. S. Influence of seasonality and species effects on surface fine roots and nodulation in tropical legume tree plantations. Springer International Publishing Switzerland. **Plant Soil**. P.388: 187. 2015 Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-014-2324-1#citeas>>. Acesso em: 04 jun. 2019

GÓMEZ, M.E., *et al.* Árboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal Como Fuente Proteica. 3.ed. Cali, Colombia., p.1-147, 2002.

GUIMARAES, D. V.; GONZAGA, M. I. S.; MELO, N. J. O. Manejo da matéria orgânica do solo e estoques de carbono em cultivos de frutas tropicais. **Revista brasileira engenharia agrícola ambiental**. Campina Grande , v. 18, n. 3, p. 301-306, Mar. 2014 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014000300009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 de mai. 2019

HORN, F. L., *et al.* Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v. 35, n. 1, p. 41-46, Jan. 2000 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2000000100006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 Jun. 2019.

HUNGRIA. M; CAMPOS. R. J; MENDES I. C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. EMBRAPA. Londrina, **Embrapa Soja**. 48p. 2001. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPISO/18515/1/circTec35.pdf>> Acesso em: 20 mar. 2019

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados da Produção Agrícola Municipal 2016**. Salvador, 2017.

IPECE - INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil básico municipal ITAREMA**. Fortaleza. 2009. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2013/01/Itarema_Br_office.pdf > Acesso em: 12 de junho de 2019

JESUS, A. M. S; CARVALHO, S. P; SOARES, A. M. Comparação entre sistemas radiculares de mudas de *coffea arabica* obtidas por estaquia e por sementes. **Coffee Science**. Lavras. v. 1, n. 1, p. 14-20, abr./jun. 2006. Disponível em: <http://tot.dti.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3909/Coffee%20Science_v1_n1_p14-20_2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 27 de maio de 2019

JORGE, L. A. C.; RODRIGUES, A. F. de. O. **Safira: sistema de análise de fibras e raízes**. São Carlos. Embrapa Instrumentação Agropecuária. 20p. 2008.

JORGE, L. A. de C.; SILVA, D. J. da C. B. **SAFIRA: manual de utilização**. 2010.

KIMURA, K.; KIKUCHI, S. & YAMASAKI, S. Accurate root length measurement by image analysis. *Plant Soil*, 216:117-127, 1999.

LIMA, P. C. R. **Fábrica de fertilizantes nitrogenados e produção de etanol no norte fluminense**. Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados, 2007. 40 p. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/estudos-e-notas-tecnicas/publicacoes-da-consultoria-legislativa/areas-da-conle/tema16/H-Coord_Legislativa-Setex-Internet-2007_2286.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2019.

LIMA, R. *et al.*, Efeito do Espaçamento no Desenvolvimento Volumétrico de Pinus taeda L. **Floresta e Ambiente**. p.223-230. abr./jun. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v20n2/a10v20n2.pdf>> Acesso em: 12 de jun. 2019

LÓPEZ, G. V.; *et al.* Influence of livestock systems with live fences of Gliricidia sepium on several soil properties in Tabasco, Mexico. **Ciencia e Investigación Agraria**, [S.l.], v. 41, n. 2, p. 175-186, may 2014. ISSN 0718-1620. Available at: <<https://new.rcia.uc.cl/index.php/rcia/article/view/1330>>. Date accessed: 04 June 2019.

LORENSINI, Felipe *et al.* Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 42, n. 7, p. 1173-1179, jul. 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012000700006&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 05 mai. 2019.

LOSS, A.; *et al.* Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, Santa Maria , v. 39, n. 4, p. 1067-1072, July 2009 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782009000400017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 Jun. 2019.

LOSS. A; *et al*; Frações granulométricas e oxidáveis de matéria orgânica sob diferentes sistemas de uso do solo, no Paraná, Brasil. **Bioscience Journal**. Uberlândia. Vol. 30. N. 1. Jan./Feb. 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15041> > Acesso em: 29 de maio de 2019.

MARIA, I. C. de; CASTRO, O. M.; SOUZA DIAS, H.. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. Viçosa. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06831999000300025&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 13 de junho de 2019.

MAY, A. *et al.* Influência do arranjo de plantas no desempenho produtivo de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), em Sete Lagoas-MG. **In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, 29. 2012. Águas de Lindóia, SP, Anais. Águas de Lindóia. p.2382-2389. 2012. Disponível em <<https://core.ac.uk/download/pdf/45506231.pdf>>. Acesso em 05 jun. 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **AGROSAT**. Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 10 fevereiro 2019.

MIOTTI, A. A. **Desempenho de bananeiras irrigadas em resposta a diferentes profundidades efetivas do solo na chapada do apodi - ce**. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011. Disponível em:

<http://www.teses.ufc.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=6900>. Acesso em: 11 nov. 2018.

MIRANDA, F. R. de; *et al.* Distribuição das raízes do coqueiro-anão verde para o manejo da irrigação e a aplicação de fertilizantes. Fortaleza. **Embrapa Agroindústria Tropical**. 2003. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/8607/1/Ci-016.pdf>> Acesso em: 13 de junho de 2019.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras. Ufla. 2006. Cap. 9. Disponível em: < http://prpg.ufla.br/_ppg/solos/wp-content/uploads/2012/09/MoreiraSiqueira2006.pdf> Acesso em: 18 abr. 2019

NAME, M. H.; *et al.* Desenvolvimento e comparação entre softwares destinados à avaliação do comprimento radicular. **Espacios**. Caracas. v. 37. n. 4. p.22-27. 02 nov. 2015. Disponível em: <<http://ww.revistaespacios.com/a16v37n04/16370423.html>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

OLAYA, A. M. S.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Comparação de métodos de amostragem para avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar. **Revista. Ciência Agrícola**. San Juan de Pasto , v. 34, n. 1, p. 7-16, Jan. 2017 . Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-01352017000100001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 mai. 2019.

OSORIO FILHO, Benjamin Dias *et al.* Promoção de crescimento de arroz por rizóbios em diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Cienc. Rural**. Santa Maria. v. 46, n. 3, p. 478-485, mar. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782016000300478&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 12 maio 2019.

PAULA, P. D.; *et al.* Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *gliricidia sepium* e *acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, ano 3, v. 25, p. 791-800, jul/set 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cflo/v25n3/1980-5098-cflo-25-03-00791.pdf>. Acesso em: 7 maio 2019.

PAULINO, Gleicia Miranda *et al.* Fixação biológica e transferência de nitrogênio por leguminosas em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v. 44. n. 12, p. 1598-1607. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009001200006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 fevereiro 2019.

Pierret A. *et al.* **IJ_RHIZO: an open-source software to measure scanned images of root samples**. *Plant Soil* 373, 531–539. 2013

PINTO, V. S. **Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais em sistemas agroflorestais, no sul do estado do espírito santo**. 2016. 45 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8293/Dissertacao_%20Inicio%20Souza%20Pinto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 maio 2019.

PRIMO, D. C.; *et al.* Recovery of N applied as 15N-manure or 15N-gliricidia biomass by maize, cotton and cowpea. **Springer Science**. *Nutr Cycl Agroecosyst*. 100: 205.

2014. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s10705-014-9638-5#citeas> > Acesso em: 04 jun. 2019.

RAMOS, A.; *et al.* Distribuição espacial do sistema radicular da pupunheira em função de lâminas de irrigação. **Irriga.** Botucatu, v. 14, n. 4, p. 431-440, out/2009. Disponível em: < <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3430> > Acesso em: 05 de jan. 2019

RANGEL, J. H. de A. *et al.* **Implantação e manejo de legumineira com gliricidia (Gliricidia sepium).** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 5 p. 2011. (Circular Técnica, 63). Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/902847/1/ct63.pdf> > Acesso em: 15 de fev. 2019

REIS, V. M. *et al.* Nutrição Mineral de Plantas – 2. Ed. Viçosa (MG). **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.** 2018. Cap 8.

REIS, V. M.; TEIXEIRA, K. R. dos S. **Fixação biológica de nitrogênio - estado da arte.** Seropédica. Embrapa Agrobiologia, 2005. cap. 6. Disponível em: < <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap6ID-cgUrYruYKy.pdf> > Acesso em: 14 abr. 2019

ROCHA, D. R ; FORNASIER F. D.; BARBOSA, J. C. Efeitos da densidade de plantas no rendimento comercial de espigas verdes de cultivares de milho. **Horticultura Brasileira.** Brasília , v. 29, n. 3, p. 392-397, Sept. 2011 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362011000300023&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 05 Jun. 2019.

RONCHI, C. P. *et al.* Morfologia radicular de cultivares de café arábica submetidas a diferentes arranjos espaciais. **Pesq. agropec. bras.,** Brasília. v. 50, n. 3, p. 187-195. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2015000300187&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 Jun 2019.

SALCEDO, I. H.; TIESSEN, H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Disponibilidade de nutrientes em amostras de solos de locais de cultivo de shifting na Caatinga semiárida do nordeste do Brasil. **Ambiental do ecossistema agrícola,** v. 65, p. 177-186, 1997. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016788099700073X>> acessos em 29 mai. 2019

SAS Institute INC. SAS/STAT™ **SAS user's guide for windows environment.** 6.11 ed. Cary : SAS Institute, 1995.

SILVA, O. M. C. *et al.* Elementos da natureza e propriedades do solo. Ponta Grossa. **Atena Editora.** v. 3. Cap. 4. 2018. Disponível em: <<https://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2018/02/E-book-Elementos-da-Natureza-Vol.-3.pdf#page=36>> Acesso em: 15 abr. 2019

SILVA, R. de S; *et al.* Emergência de plântulas de Gliricidia oriundas de sementes armazenadas em diferentes condições. **Jornada de iniciação científica da embrapa semiárido.** Petrolina: Embrapa Semiárido. p. 317-322. 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1098710/1/Raquel.pdf> Acesso em 20 de Maio de 2019

SILVA-OLAYA, A. M.; PELLEGRINO CERRI, C. E.; CERRI, C. C. Comparação de métodos de amostragem para avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar. **Rev. Cienc. Agr.**, San Juan de Pasto , v. 34, n. 1, p. 7-16, Jan. 2017. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-01352017000100001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 15 mai 2019.

STRECK, N. A.; *et al.* Efeito do espaçamento de plantio no crescimento, desenvolvimento e produtividade da mandioca em ambiente subtropical. v. 73, n. 4, p. 407-415. dez. **Bragantia**. Campinas. 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052014000400009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 13 de junho. 2019

TEIXEIRA, Paulo César *et al* (Org.). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2017. 573 p.

TIESSEN, H. *et al.* Carbon sequestration and turnover in semiarid savannas and dry forest. **Climatic Change**, v. 40, p.105-117, 1998.

TORRES, S. B.; MELLO, V. D. C. Germinação de sementes de gliricidia (gliricidia sepium). **Ciencia Rural**. Santa Maria , v. 24, n. 3, p. 631-632, Dec. 1994 . Acesso em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84781994000300033&lng=en&nrm=iso>. Access em 22 mai. 2019.

VASCONCELOS, A. C. M. *et al.* . Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa , v. 27, n. 5, p. 849-858, Oct. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832003000500009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 28 Jun 2019

XAVIER, G. R.; *et al.* **Fixação biológica de nitrogênio**. Embrapa Meio-Norte. Brasília. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>>. Acesso em: 20 mar. 2019.