



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**POTENCIAL PRODUTIVO DE SISTEMAS SILVIPASTORIS
NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO**

HUGO NEVES DE BARROS LIMA

**RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**POTENCIAL PRODUTIVO DE SISTEMAS SILVIPASTORIS
NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO**

HUGO NEVES DE BARROS LIMA
Biólogo

**RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2019**

HUGO NEVES DE BARROS LIMA

POTENCIAL PRODUTIVO DE SISTEMAS SILVIPASTORIS

NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (PDIZ), composto pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Universidade Federal do Ceará (UFC), como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Forragicultura

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Prof. Ph.D José Carlos Batista Dubeux Júnior– Orientador principal

Prof. Ph.D Mario de Andrade Lira – Coorientador (*in memoriam*)

Prof. Dr. Alexandre Carneiro Leão de Mello – Coorientador

**RECIFE – PE
FEVEREIRO – 2019**

HUGO NEVES DE BARROS LIMA

**Potencial produtivo de sistemas silvipastoris
Na Zona da Mata de Pernambuco**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 22 de fevereiro de 2019.

Orientador:

Professor PhD José Carlos Batista Dubeux Júnior
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia
Presidente

Comissão Examinadora:

Professora Dra. Mércia Virgínia Ferreira dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia

Professor Dr. Márcio Vieira da Cunha
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia

Professor Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais

Dr. Erinaldo Viana dos Santos
Instituto Agronômico de Pernambuco

Recife – PE
Fevereiro / 2019

BIOGRAFIA DO AUTOR

HUGO NEVES DE BARROS LIMA, filho de Ney Borges de Barros Lima e Glauce Maria Neves de Barros Lima, nasceu em 30 de Dezembro de 1977, na cidade de Recife, Pernambuco. Formou-se em Biologia pela Faculdade de Formação de Professores da Mata Sul, no município de Palmares – PE, no ano de 2006 e atua como professor de Ciências Biológicas no município de Cortês – PE, desde 2009. Em 2012 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGZ/UFRPE) na área de concentração em Forragicultura, concluindo o curso de Mestrado em Agosto de 2014. Em 2015, iniciou o Curso de Doutorado no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, tendo defendido a Tese em fevereiro de 2019.

Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa,
nunca tem medo e nunca se arrepende.”

Leonardo da Vinci

“Todos pensando em deixar um planeta melhor para seus filhos...
... quando pensarão em deixar filhos melhores para o planeta?”

Autor desconhecido

Aos meus pais,

Ney Borges de Barros Lima e Glauce Maria Neves de Barros Lima,

por todo apoio e contribuição que destinaram a minha formação educacional, desde o início até agora, o fim?!

À minha esposa e meu filho,

Jakeline Borba de Barros Lima e Miguel Borba de Barros Lima,

pelo amor, companheirismo, carinho, apoio e paciência.

À minha querida avó,

Hebe Borges de Barros Lima,

minha maior incentivadora de todos os momentos!

OFEREÇO

Ao grande e estimado Professor,

Mario de Andrade Lira (*in memorian*),

por todos os ensinamentos de caráter pedagógicos e pessoais, por toda contribuição à Pesquisa Acadêmica, as conversas, contos e causos sempre bem humorados...nosso muito obrigado!

Ao meu tio, amigo e compadre,

Artur Onório Guerra de Moraes (*in memorian*),

por todo apoio e ensinamento na vida pessoal, que refletiam em serenidade e tranquilidade para seguir o curso.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade da realização deste curso.

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, pela parceria, acolhimento e disponibilização de meios para realização dos experimentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, pelo financiamento do projeto.

À Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco – FACEPE, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor José Carlos Batista Dubeux Jr., pelos ensinamentos pedagógicos, aconselhamentos e paciência ao longo dessa jornada que vem desde o Mestrado.

À professora Mércia Virgínia Ferreira dos Santos, ao professor Márcio Vieira da Cunha e ao professor Alexandre Carneiro Leão de Mello, pelos ensinamentos, colaborações e sugestões ao longo de toda a Pós-Graduação.

Aos demais professores e todos os demais funcionários do Departamento de Zootecnia, por toda colaboração no decorrer do Curso.

Ao Dr. Erinaldo Viana de Freitas por toda a contribuição e colaboração enquanto estava na Diretoria do IPA / Itambé, imprescindíveis para a execução da fase de campo desta pesquisa.

Ao Dr. Fernando Tenório Filho e toda equipe diretora da Estação Experimental de Itambé (IPA), por toda atenção oferecida para a execução desta pesquisa.

Aos funcionários do IPA de Itambé (Nego, Deca, Fon e Preto) por todo suor derramado em meio aos espinhos das sabiás.

Aos companheiros da jornada acadêmica Valéria Xavier, Carolina Lira, Renann Afonso, Janete Moura, Amanda Gallindo, Ana Angulo, André Ferraz, Gilka Silva, Carlos Garcia, Heráclito Lima, Izabela Gomes, Jeska Fernandes, Juliana Vicente, Lenildo Teixeira, Williane Diniz, Karina Miranda, Kariny Cavalcante, Meiry Cassuce, Natália Lima, Thayse Peixôto, Rayanne Souza, Robson Ribeiro, Thiago Calado, Paulo Ferreira, Wellington Jairo, Suellen Costa, Osniel Faria, Toni Carvalho e Eduardo Bruno (*in memorian*) pelas ajudas e contribuições para a realização deste trabalho.

Ao amigo Janerson Coelho, pelas imprescindíveis e oportunas ajudas mesmo à distância.

Agradeço a minha família e amigos, pela força, compreensão e incentivo durante essa difícil, porém proveitosa etapa da minha vida, meus sinceros agradecimentos.

Agradeço a Deus por esta oportunidade única e extraordinária de evolução do conhecimento e da capacidade de ajudar ao próximo.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	13
Lista de Figuras.....	15
Resumo Geral.....	16
Abstract.....	17
Considerações Iniciais.....	19

Capítulo 1

Referencial Teórico.....	22
Referências Bibliográficas.....	30

Capítulo 2 – Potencial madeireiro e forrageiro de leguminosas arbóreas em sistemas silvipastoris.....	41
Resumo.....	42
Abstract.....	43
Introdução.....	44
Materiais e Métodos.....	46
Resultados e Discussão.....	51
Conclusões.....	60
Referências Bibliográficas.....	61

Capítulo 3 – Acúmulo de forragem de <i>Brachiaria decumbens</i> sob efeito de sol pleno e sombreamento sob a copa de leguminosas arbóreas em sistema silvipastoril.....	71
Resumo.....	72
Abstract.....	73

Introdução.....	74
Materiais e Métodos.....	76
Resultados e Discussão.....	80
Conclusões.....	94
Referências Bibliográficas.....	95
Considerações Finais.....	102
Apêndices.....	103

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2 – Potencial madeireiro e forrageiro de leguminosas arbóreas em sistemas silvipastoris

Tabela 2.1 Caracterização química do solo da área experimental.....	46
Tabela 2.2 Medidas endométricas de gliricídia e sabiá em consórcio com <i>Brachiaria decumbens</i> após sete anos de estabelecimento.....	52
Tabela 2.3 Valores de densidade aparente e poder calorífico de madeiras de gliricídia e sabiá em diferentes diâmetros após sete anos de estabelecimento.....	54
Tabela 2.4 Produção de estacas e lenha de gliricídia e sabiá na área experimental total e valor agregado por hectare em R\$.....	57
Tabela 2.5 Valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰), N (g kg^{-1}), $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e C (g kg^{-1}) nas frações folhas, fustes finos e fustes grossos de gliricídia e sabiá aos sete anos de estabelecimento.....	58
Tabela 2.6 Estoque de N oriundo da fixação biológica (NDA) e estoque de nitrogênio total nas árvores de gliricídia e sabiá no momento do corte raso.....	60

Capítulo 3 – Acúmulo de forragem de *Brachiaria decumbens* sob efeito de sol pleno e sombreamento sob a copa de leguminosas arbóreas em sistema silvipastoril

Tabela 3.1 Caracterização química do solo da área experimental.....	76
Tabela 3.2 Valores da massa de forragem de <i>Brachiaria decumbens</i> submetidas a sol pleno e sombreamento de espécies leguminosas, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.....	82
Tabela 3.3 Valores da DIVMO em folhas de <i>Brachiaria decumbens</i> sob sol pleno e sombreamento, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.....	83
Tabela 3.4 Valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) e N (g kg^{-1}), em folhas de <i>Brachiaria decumbens</i> em consorciação com as leguminosas gliricídia e sabiá, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.....	84
Tabela 3.5 Valores de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e C (g kg^{-1}) em folhas de <i>Brachiaria</i>	

<i>decumbens</i> em consorciação com as leguminosas gliricídia e sabiá, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.....	85
Tabela 3.6 Valores de $\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$, N (g kg^{-1}) em folhas de <i>Brachiaria decumbens</i> submetidas a sol pleno e sombreamento, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.....	86
Tabela 3.7 Valores de C (g kg^{-1}) em folhas de <i>Brachiaria decumbens</i> submetidas a sol pleno e sombreamento, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.....	87
Tabela 3.8 Medidas endométricas de rebrota das leguminosas gliricídia e sabiá submetidas ao corte raso, avaliadas em intervalos de 120 dias.....	88
Tabela 3.9 Valores de $\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$, N (g kg^{-1}), $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ e C (g kg^{-1}) na rebrota de folhas de gliricídia e sabiá, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.....	91
Tabela 3.10 Valores de $\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$, N (g kg^{-1}), $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ e C (g kg^{-1}) na rebrota de fustes finos de gliricídia e sabiá, ao longo de diferentes ciclos de avaliação....	93
Tabela 3.11 Valores de N (g kg^{-1}), $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$ e C (g kg^{-1}) na rebrota de fustes grossos de gliricídia e sabiá.....	93

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2 – Potencial madeireiro e forrageiro de leguminosas arbóreas em sistemas silvipastoris

Figura 2.1 Representação da parcela de 660 m² do consórcio de leguminosas arbóreas com *Brachiaria decumbens* Stapf..... 47

Figura 2.2 Índice pluviométrico anual da área experimental desde o início do plantio das árvores até o corte experimental. Fonte: IPA, 2018..... 48

Figura 2.3 Representação de subparcela de (330 m²) do consórcio de leguminosas arbóreas com *Brachiaria decumbens* Stapf..... 51

Capítulo 3 – Acúmulo de forragem de *Brachiaria decumbens* sob efeito de sol pleno e sombreamento sob a copa de leguminosas arbóreas em sistema silvipastoril

Figura 3.1 Representação de parcela de 660 m² e da subparcela de 330 m² criada após corte raso das leguminosas arbóreas em consórcio com *Brachiaria decumbens* Stapf..... 77

Figura 3.2 Precipitação pluviométrica da área experimental durante os dois anos de avaliação da massa de forragem e da rebrota das leguminosas. Fonte: IPA, 2018..... 77

POTENCIAL PRODUTIVO DE SISTEMAS SILVIPASTORIS NA ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO

RESUMO GERAL – O potencial de sistemas silvipastoris precisa ser melhor conhecido a fim de se explorar toda sua capacidade. Nesta pesquisa foram avaliadas medidas endométricas, produção de lenha e estacas e as características físicas da madeira das espécies leguminosas *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud e *Mimosa caesalpinifolia* Benth. consorciadas com *Brachiaria decumbens* Stapf. Foram analisados ainda teores de N, C, composição isotópica ($\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$) e digestibilidade das folhas das árvores após sete anos de plantio. Após o corte das árvores adultas foi mensurado o desenvolvimento endométrico do rebrote das espécies arbóreas e seus teores de N, C, composição isotópica ($\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$) e digestibilidade das folhas em intervalos de 120 dias. Também foi avaliado o efeito do sombreamento sob o acúmulo da massa de forragem da *Brachiaria decumbens* Stapf. há cada 56 dias, bem como seus teores de N, C, composição isotópica ($\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$) e digestibilidade. Não foi encontrado efeito estatístico para produção de lenha e estacas finas ou grossas entre as espécies estudadas ($p=0,1190$, $p=0,1299$, $p=0,2579$, respectivamente), entretanto a sabiá apresentou maior valor de densidade na madeira para galhos com diâmetro $\geq 2,55$ cm e $< 4,13$ cm ($0,94 \text{ g cm}^{-3}$) e $0,99 \text{ g cm}^{-3}$ nos fustes com diâmetro $\geq 4,14$ cm ($p<0,0001$). As avaliações de poder calorífico para sabiá indicaram valores de $4,19 \text{ kcal g}^{-1}$ nos galhos com diâmetro $\geq 2,55$ cm e $< 4,13$ cm e $4,31 \text{ kcal g}^{-1}$ nos fustes com diâmetro $\geq 4,14$ cm, enquanto que a gliricídia apresentou valores de $4,08 \text{ kcal g}^{-1}$ nos galhos com diâmetro $\geq 2,55$ cm e $< 4,13$ cm e $4,15 \text{ kcal g}^{-1}$ nos fustes com diâmetro $\geq 4,14$ cm ($p<0,0001$). Nas avaliações de digestibilidade, as folhas de gliricídia (430 g kg^{-1}) foram mais digestíveis do que folhas de sabiá (213 g kg^{-1}) ($p=0,0076$). Os resultados encontrados no momento do corte raso das árvores confirmaram aporte de 53 kg N ha^{-1} fixado pela gliricídia e de 98 kg N ha^{-1} pela sabiá. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ e teor de N foram maiores nas folhas da gliricídia ($2,9 \text{ ‰}$ e 37 g kg^{-1}) em relação às da sabiá ($1,2 \text{ ‰}$ e 32 g kg^{-1}) ($p=0,0253$ e $p=0,0074$), respectivamente. Observou-se maior acúmulo de forragem da braquiária no tratamento submetido a sol pleno (3.193 kg ha^{-1}) em detrimento ao que sofreu exposição excessiva à sombra (1.502 kg ha^{-1}) ($p=0.0006$). A digestibilidade das folhas da braquiária diferiu apenas no ciclo 6 (503 g kg^{-1} no sol e 355 g kg^{-1} na

sombra ($p=0,0027$). As mensurações endométricas da rebrota das leguminosas não apresentou diferença para peso total das folhas ($p=0,8603$) e peso dos fustes grossos ($p=0,6157$). Já para as demais medidas, a gliricídia apresentou estagnação no desenvolvimento ao final do período avaliativo, enquanto que a sabiá apresentava tendência de manter o desenvolvimento. A digestibilidade “*in vitro*” das folhas jovens da gliricídia apresentou maior digestibilidade (504 g kg^{-1}) em detrimento às de sabiá (315 g kg^{-1}) ($p<0,0001$). A concentração de N foi superior nas folhas ($p=0,0007$), fustes finos ($p=0,0050$) e fustes grossos ($p=0,0333$) da gliricídia durante todo o período avaliado quando comparado com as mesmas frações da sabiá. O sistema silvipastoril proporcionou aporte de N ao solo por meio da fixação natural. A sabiá proporcionou maior fixação biológica de N e apresentou melhores qualidades físicas na madeira, entretanto a gliricídia apresentou maior valor nutritivo e melhor digestibilidade da forragem. A adoção do sistema permite ainda incremento de renda por meio da venda de madeira. O espaçamento adotado neste experimento para as espécies arbóreas interferiu de forma negativa no acúmulo de forragem da braquiária e esse comportamento foi similar entre as duas espécies arbóreas.

“Palavras chave”: forragem, gramínea, leguminosas, madeira, nitrogênio, rebrota.

PRODUCTIVE POTENTIAL OF SILVOPASTURE SYSTEMS IN THE ‘ZONA DA MATA’ OF PERNAMBUCO

ABSTRACT – The potential of silvopastoral systems in northeast Brazil needs to be better assessed in order to exploit their full capacity. In this research, we evaluated morphometric measures, the production of firewood and timber and the physical characteristics of wood of the legume species *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud and *Mimosa caesalpinifolia* Benth. in consortium with *Brachiaria decumbens* Stapf. Nitrogen, C, isotopic composition ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$), and digestibility of tree leaves after seven years of planting were also analyzed. After adult trees were cut, the morphometric growth of the tree species was evaluated. Additional response variables included N, C, isotopic composition ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) and digestibility of tree leaves at 120-day

intervals. The effect of shading on biomass production of *Brachiaria decumbens* Stapf was also evaluated every 56 days, as well as their N, C, isotopic composition ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) and digestibility. No statistical effect was found for the timber and firewood production among the studied species ($p=0.1190$, $p=0.1299$, $p=0.2579$, respectively). However, the sabia had the greatest value of wood density for branches with a diameter > 2.55 cm and < 4.13 cm (0.94 g cm^{-3}) and 0.99 g cm^{-3} in the stems with diameter ≥ 4.14 cm ($p<0.0001$). The calorific value for sabia was 4.19 kcal g^{-1} in the branches with diameter > 2.55 cm and < 4.13 cm and 4.31 kcal g^{-1} in the stems with diameter ≥ 4.14 cm. Gliricidia presented values of 4.08 kcal g^{-1} in the branches with diameter > 2.55 cm and < 4.13 cm and 4.15 kcal g^{-1} in the stems with diameter ≥ 4.14 cm ($p<0.0001$). Leaves of gliricidia (430 g kg^{-1}) were more digestible than leaves of sabia (213 g kg^{-1}) ($p=0.0076$). The results obtained at the time of the clear cutting of the trees confirmed the contribution of 53 kg N ha^{-1} fixed by gliricidia and 98 kg N ha^{-1} by the sabia. The values of $\delta^{15}\text{N}$ and N were greater in the leaves of the gliricidia (2.9 ‰ and 37 g kg^{-1}) than in the leaves of sabia (1.2 ‰ and 32 g kg^{-1}) ($p=0.0253$ and $p=0.0074$), respectively. It was observed greater forage production under full sun ($3,193 \text{ kg ha}^{-1}$) compared with the one that underwent excessive shade exposure ($1,502 \text{ kg ha}^{-1}$) ($p=0.0006$). Leaf digestibility of *Brachiaria* differed only in cycle 6 (503 g kg^{-1} in the sun and 355 g kg^{-1} in the shade) ($p=0.0027$). The morphometric measurements of the regrowth of the legumes showed no difference for the total weight of the leaves ($p=0.8603$) and weight of the thick stalks ($p=0.6157$). For the other measurements, gliricidia presented stagnation in the development at the end of the evaluation period, while the sabia had a tendency to maintain development. The “*in vitro*” digestibility of the young leaves of the gliricidia presented greater digestibility (504 g kg^{-1}) than the sabia (315 g kg^{-1}) ($p<0.0001$). The N concentration was greater in the leaves ($p=0.0007$), thin stems ($p=0.0050$), and thick stems ($p=0.0333$) of the gliricidia throughout the evaluated period when compared to the same fractions of the sabia. The introduction of the silvopastoral system provided N to the soil through natural fixation. Sabia provided greater biological nitrogen fixation and presented better physical qualities in the wood, however, the gliricidia showed greater nutritive value and better forage digestibility. The adoption of the system also allowed an increase of income through the sale of timber and firewood. The spacing adopted in this experiment for the tree species interfered negatively in the

forage production of the brachiaria and this behavior was similar between the two tree species.

“Key words”: forage, grass, legumes, nitrogen, regrowth, wood.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O crescente aumento da população mundial vem fazendo com que a demanda por alimentos em nosso planeta seja cada vez maior. Para atender à necessidade de produção alimentícia, ocorreu nas últimas décadas uma grande conversão de novas áreas, antes preservadas, em áreas exploradas com culturas agrícolas comerciais. Essa prática vem contribuindo para a aceleração das mudanças climáticas, sendo as mais notadas, aquelas concernentes ao aumento da temperatura global, concentração de gases na atmosfera e alteração do clima. Em virtude de todos estes aspectos, a pressão da comunidade internacional, bem como de Organizações Não-governamentais de cunho preservacionista, vem fazendo com que a exigência do mercado consumidor se torne cada vez maior, no que diz respeito a procedência dos produtos de origem animal e vegetal.

Como alternativa a estas novas influências do mercado consumidor, e como forma de mitigar os efeitos climáticos indesejáveis, o setor agropecuário vem buscando inovações na forma de aumentar a produtividade por área e ao mesmo tempo reduzir os impactos negativos ao meio ambiente. Uma dessas inovações é a inclusão de sistemas silvipastoris. A adoção de vegetação arbórea em áreas antes destinadas exclusivamente às pastagens traz vantagens ambientais e econômicas ao produtor. Dentre elas, pode-se destacar a mitigação da emissão de gás carbônico (CO₂), o provimento de novas áreas verdes, incremento de matéria orgânica por deposição de serrapilheira, melhoria dos aspectos físicos do solo, aumento da oferta de alimento para animais (no caso de utilização de plantas forrageiras), além de incremento de renda para o produtor, quando se opta por exploração de árvores com valor madeireiro.

No caso de utilização de espécies leguminosas, pode-se atribuir ainda, a vantagem da fixação biológica de nitrogênio no solo, por meio da simbiose das raízes

dessas plantas com as bactérias do gênero *Rizhobium* e *Bradyrhizobium*. Esta consorciação pode acarretar na melhoria da fertilidade do solo, além de trazer economia ao produtor rural, quando na redução da necessidade de reposição de N ao solo. Contudo, alguns aspectos relacionados aos efeitos da consorciação entre espécies, do incremento econômico e da sustentabilidade do sistema precisam ser melhor estudados.

Esta pesquisa testa a hipótese de que a madeira oriunda de árvores de sistemas silvipastoris proporcionam incremento de renda. Além disso, leguminosas contribuem para reposição de N ao solo via fixação biológica, todavia o sombreamento causado pelas espécies arbóreas pode afetar negativamente o acúmulo de forragem da gramínea consorciada.

Assim, a presente pesquisa objetivou avaliar a resposta das leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud e *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth consorciadas com *Brachiaria decumbens* Stapf em sistema silvipastoril. Especificamente, foram avaliadas respostas relativas à produção e composição da madeira e da forragem, bem como o efeito da rebrota das árvores sobre a produção e valor nutritivo da forragem.

CAPÍTULO I

Referencial Teórico

Potencial produtivo de sistemas silvipastoris
na Zona da Mata de Pernambuco

As áreas produtivas do nosso planeta têm se tornado cada vez mais disputadas em virtude da crescente necessidade de produção de alimentos. Isso vem levando as áreas agricultáveis a expandirem suas fronteiras, muitas vezes invadindo porções de terra que deveriam ser destinadas a preservação ambiental. Uma área de solo agricultável é aquela considerada possível de ser manejada com o intuito de ser ocupada por culturas ou pastagens (FAO, 2009). De acordo com a FAO (2009), cerca de 37,6% do solo mundial é agricultável. Com relação ao Brasil, o IPAM (2009) considera 43% do território nacional como área agricultável e ressalta que essa área pode atingir 71% se forem excluídas zonas de proteção como a Amazônia legal e o Pantanal.

O setor agropecuário brasileiro apresenta grande vantagem competitiva com relação ao resto do mundo, devido ao baixo custo de produção de carne bovina, uma vez que a maior parte da alimentação animal é baseada no uso exclusivo de pastagens nativas ou exóticas (DUARTE et al., 2017). Essa conveniência contribuiu para que o setor agropecuário fosse responsável por um aumento de 14,5% no PIB brasileiro em 2017 (IBGE, 2017).

Segundo a FAOSTAT (2013), até o ano de 2050 a população do planeta irá atingir a marca de 9,8 bilhões de indivíduos, havendo a necessidade de aumentar a produção mundial de alimentos, todavia, a quantidade de área agricultável disponível no mundo permanecerá a mesma. Contudo, a pressão de ambientalistas e da sociedade em geral, vem forçando os setores agropecuários a serem mais contidos no avanço da fronteira agrícola. Diante disso, novas tecnologias que visem otimizar a produção por área devem ser tidas como prioridade (DIAS FILHO, 2014). Nesse cenário, é de fundamental importância que o produtor busque intensificar o uso de áreas destinadas a pastagens, fazendo uso de técnicas que permitam maior produção e menor custo econômico, ambiental e social.

Uma alternativa que vem sendo bastante disseminada é a introdução de sistemas agroflorestais. Esses sistemas têm como objetivo primordial intensificar o uso do solo através da conciliação de florestas, agricultura e pecuária (ALLEN et al., 2011). Nair (1993) enfatiza que um sistema agroflorestal deve conter espécies vegetais lenhosas, sendo madeireiras ou não (árvores, arbustos, palmáceas, bambus), animais e cultivos agrícolas. O mesmo autor afirma ainda que este sistema deve considerar um arranjo

espacial, onde a densidade e o espaço entre as espécies devem ser definidos em um arranjo temporal simultâneo ou sequencial.

De acordo com a composição, são definidas diversas variações dos sistemas agroflorestais. As modalidades mais presentes são os sistemas agrossilviculturais, onde árvores são combinadas com práticas agrícolas anuais; sistemas agrossilvipastoris, onde existe a tríplice ligação entre componentes arbóreos, práticas agrícolas e animais; e sistemas silvipastoris, que relacionam árvores, pastagens e animais (NAIR, 1993; DANIEL et al., 1999; ENGEL, 1999).

Não é de agora que a humanidade vem buscando formas de utilização e aprimoramento de sistemas silvipastoris. Segundo Dupraz e Liagre (2008), a aplicação desses sistemas já era notificada por Lucius Junius Moderatus (autor romano da antiguidade com vasto repertório documentado acerca da agricultura romana), desde o século I d.C., quando da integração de árvores de noqueira e oliveira com pastagens.

Nepomuceno e Silva (2009) definem sistemas silvipastoris como associações de ecossistemas de pastagem com plantas arbóreas, sejam elas naturais, planejadas ou transformadas, com o intuito de potencializar a produtividade por área, gerando aumento de produção e renda para o produtor. Esta associação tem seu nível de importância elevado, quando incorporado em áreas que apresentam ecossistemas degradados ou fragmentados (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2006). Vale ressaltar que um sistema silvipastoril deve ser formado por ambientes de pastagem com a presença intencional de espécies arbóreas e animais no mesmo espaço e ao mesmo tempo (DULEBA, 2009).

Existe um consenso geral entre os pesquisadores de que a adoção deste sistema traz benefícios diretos e indiretos ao ambiente, principalmente quando comparados aos ecossistemas com predominância exclusiva de pastagens.

De acordo com o censo agropecuário divulgado em 2012, a área de pastagens do Brasil correspondia a uma extensão total de 210 milhões de hectares (IBGE, 2012), das quais, aproximadamente, 50% encontravam-se degradadas ou em processo de degradação ou erosão (ZIMMER et al., 2012).

Segundo Macedo et al. (2012), a maior parte das pastagens brasileiras é formada exclusivamente por gramíneas, constituindo assim um sistema de monocultivo. Macedo (2009) alerta que o emprego da monocultura e de práticas culturais inadequadas vem

gerando perda na produtividade, elevando o índice de surgimento de doenças e pragas, e a degradação do solo e dos recursos naturais locais, causando o comprometimento do sistema. Este sistema de monocultura, associado a falhas nas técnicas de manejo, como carência de adubação, elevada pressão de pastejo, método de pastejo inadequado e uso do fogo de forma frequente, tendem a acelerar o processo de degradação de pastagens, levando ao comprometimento da sustentabilidade e da produtividade da área (MACEDO e ZIMMER, 1993; SOLLENBERGER et al., 2002).

Segundo Aidar e Kluthcouski (2003), a degradação dos solos de pastagens do Brasil se deve, em grande parte, ao manejo animal inadequado, aos baixos investimentos em tecnologia e a reposição insuficiente de nutrientes ao solo. Estes impedimentos levam a ofertas de forragem abaixo do potencial brasileiro e à baixa produtividade de carne e leite, quando comparadas com áreas providas de investimentos e manejos adequados.

Embora a pecuária seja uma das mais importantes atividades econômicas do Brasil (MAPA, 2017), e as condições climáticas do nosso país favoreçam a criação de animais a pasto, os sistemas convencionais de criação não asseguram a sustentabilidade dos ecossistemas e apresentam resultados abaixo do potencial produtivo (MURGUEITIO et al., 2012).

De acordo com Balbino et al. (2011), a inclusão de componentes arbóreos em pastagens através da consorciação entre espécies representa uma inovação significativa, servindo como estratégia de produção sustentável na integração de práticas pecuárias e florestais que visem produção de carne, leite e madeira ao longo do ano.

Lima et al. (2007) defendem a definição de consórcio como um sistema de gerenciamento da terra, em que, na mesma área, haja o cultivo simultâneo de duas ou mais culturas agrícolas. Dentre as suas principais vantagens, estão o favorecimento das relações ecológicas naturais, que tendem a aumentar a ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, a produtividade dos solos por meio da conservação, manutenção e recuperação de seus recursos (MELADO, 2002). Por terem maior alcance radicular, as árvores capturam nutrientes depositados nas camadas mais profundas do solo, e os depositam nas camadas superficiais, através da deposição de serrapilheira, tornando estes nutrientes acessíveis às raízes das gramíneas (MELADO, 2002).

As excretas dos animais integrados ao sistema e o aumento da deposição de serrapilheira oriunda das árvores possuem um efeito bastante significativo na ciclagem de nutrientes, contribuindo para a qualidade do solo (DUBEUX JR. et al., 2009). Este incremento à fertilidade do solo pode tornar a área mais sustentável e produtiva.

Assim, a implantação deste sistema possibilita a intensificação da produção, por meio da maior disponibilidade de nutrientes no solo (LEME et al., 2005 e DIAS FILHO, 2006), reduzindo a necessidade de adubação química, e diminuindo também os riscos de contaminação do ambiente. Contudo, a velocidade de decomposição de excretas e serrapilheiras é um fator determinante para o aproveitamento dos nutrientes contidos neste material (HIRATA, 2011). Esta velocidade na decomposição pode ser acelerada pela ação da microfauna decompositora e ação de insetos coprófagos. Braga et al. (2013) ressaltam ainda a importância de besouros coprófagos na reintrodução de nutrientes no solo. Os insetos coprófagos possuem grande eficiência na ciclagem de nutrientes, quando na degradação da matéria orgânica do solo, o que possibilita alteração nas condições físico-químicas do mesmo, auxiliando no reaproveitamento de dejetos de animais, e contribuindo para o controle biológico de algumas espécies (FLECHTMANN e RODRIGUES 1995; ENDRES et al. 2005; RONQUI e LOPES 2006; PINHEIRO et al. 2017). Segundo Dias et al. (2007), essas espécies costumam ter sua população mantida ou até aumentada quando existem árvores no ambiente de pastagem.

Dunger et al. (2005) relataram que a criação de um sistema silvipastoril propicia o surgimento de um microclima favorável ao aumento da microfauna do solo, que tendem a procurar habitats mais sombreados e úmidos. Este microclima formado sob a copa das árvores permite o estabelecimento e a recuperação da microfauna, o que permite uma maior liberação de nutrientes pelo aumento da velocidade de decomposição de resíduos por parte dos animais decompositores (AMIOTTI et al., 2000).

Além da melhoria no solo, o uso de árvores forrageiras também pode ter ação complementar na nutrição dos animais incorporados ao sistema, permitindo melhor desempenho animal e aumentando a capacidade de suporte da pastagem (PACIULLO et al., 2007). A consorciação de leguminosas forrageiras com gramíneas se apresenta como uma forma de intensificação na qualidade da dieta animal (OLIVO et al., 2009) e da

utilização da pastagem nos períodos de estiagem, possibilitando o aumento no consumo e na produtividade animal quando a qualidade e quantidade da gramínea tendem a diminuir (ASSMANN et al., 2004; RIBEIRO FILHO et al., 2012; SCHNAIDER, et al., 2014).

Para Hanisch et al. (2016), o sistema de consórcio de forrageiras arbóreas e gramíneas demonstra ser uma alternativa eficiente para aumentar a produção de forragem aos animais e melhoria da qualidade da dieta dos animais em pastejo. A introdução do componente arbóreo ainda permite o provimento de sombra, assegurando conforto térmico aos animais, e condições básicas de bem estar animal (GARCIA et al., 2011; SILVA et al., 2011).

Do ponto de vista ambiental, os sistemas silvipastoris, quando bem manejados, favorecem a manutenção dos recursos naturais, proteção dos cursos d'água e mananciais, promovem o aumento da captura e fixação de carbono e conservação e recuperação de áreas verdes (FRANKE e FURTADO, 2001; CARVALHO et al., 2002). Estudos comprovam a eficiência de ecossistemas de pastagem e sistemas silvipastoris no sequestro de carbono, como forma de mitigar as ações do efeito estufa no planeta, contribuindo para a redução das mudanças climáticas (BRAGA, 2006; FAO, 2009).

De acordo com Ruggieri e Cardoso (2017), a queima de combustíveis fósseis, de biomassa e o desmatamento são os principais responsáveis pelo aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, seguida pela oxidação da matéria orgânica em pastagens degradadas ou em processo de degradação. Os mesmos autores afirmam ainda que, na conversão da área de floresta para pastagens, o estoque de carbono tende a diminuir, podendo reestabelecer o equilíbrio original após vários anos, desde que adotados sistemas de manejo favoráveis, como a introdução de sistemas de integração lavoura-pecuária, pecuária-floresta ou lavoura-pecuária-floresta.

De acordo com Braz et al. (2013), a produção de biomassa de forragem de uma pastagem degradada não é suficiente para manter os estoques de carbono no solo, havendo dessa forma, a necessidade de recuperação da área, afim de se manter o volume de emissão e mitigação balanceados. Amado et al. (2001) e Bayer et al. (2006) afirmam que sistemas que promovem o aumento da MO e contribuem para a retenção de C no solo são excelentes alternativas para aumentar a capacidade de sequestro do CO₂, cada vez mais frequente na atmosfera, auxiliando na redução do aquecimento global. Este

problema de âmbito mundial, também está diretamente ligado ao desmatamento clandestino e ao uso irregular da madeira para produção de energia.

Melo (1998) já alertava para o uso de recursos florestais como fonte de energia para padarias, fábricas e olarias. Na região Nordeste do Brasil, o uso ilegal de lenha para fins energéticos causou impactos ambientais profundos, sendo esta região responsável pelo consumo direto de cerca de 48% de toda a produção nacional desse material (ANGELO e VALE, 2005). Estes autores afirmam ainda que a maior parte dessa produção foi oriunda de matas nativas, o que faz da região nordeste a maior produtora de lenha de origem de mata nativa no país.

Um fator importante no momento de se estabelecer um sistema silvipastoril é a escolha das espécies que integrarão o sistema. Esta escolha deve ser baseada nos objetivos específicos do produtor, onde devem ser analisadas questões como adaptabilidade, produção e finalidade. Aspectos como hábito de crescimento, formação de banco de sementes no solo e tolerância ao sombreamento são determinantes para que haja sucesso na consorciação de gramíneas do gênero *Brachiaria* (FONSECA e MARTUSCELLO, 2010). Para Vanzela (2013), um fator essencial para que o sistema seja bem sucedido é que sejam escolhidas espécies que se adaptem bem ao ecossistema da região onde será implantado. A mesma autora enfatiza ainda que as espécies de gramíneas que serão integradas ao sistema devem ser adaptadas ao sombreamento moderado, a fim de se evitar baixa produção devido ao impedimento de luminosidade.

Outro fator importante para a persistência do consórcio está relacionado às condições de fertilidade do solo. Andrade (2012) afirma que a sustentabilidade das pastagens cultivadas em regiões tropicais depende diretamente da manutenção da disponibilidade de N no solo. Uma vez que a utilização de adubação nitrogenada não é usual por parte dos produtores, muitas vezes devido ao elevado custo deste insumo (DUBEUX JR. et al., 2006), o provimento de N no solo ocorre primordialmente através da ciclagem de nutrientes oriundos da decomposição da serapilheira e da formação da matéria orgânica (PRIMAVESI et al., 2004).

Espécies leguminosas apresentam excelente capacidade de fixação biológica de N no solo, sendo assim uma excelente alternativa para suprir a falta da reposição deste nutriente (BERNARDINO e GARCIA, 2009). O nitrogênio é reconhecidamente um dos nutrientes mais importantes para as plantas, influenciando de forma direta no

metabolismo dos vegetais, agindo como constituinte das moléculas de proteínas, citocromos, ácidos nucleicos, coenzimas e clorofila, dentre outros, além de ser bastante relevante quanto à produção da planta (LEMOS et al., 2014).

Grande parte das espécies leguminosas realiza fixação biológica de N₂ atmosférico, catalisando a enzima nitrogenase através da associação de suas raízes com as bactérias rizóbias (LOUARN et al., 2015), constituindo-se em aproximadamente 65% do total de N fixado na Terra e sendo considerado o segundo processo biológico mais importante realizado pelos vegetais, ficando atrás apenas da fotossíntese (NOVAIS et al., 2007). Tendo em vista que os solos brasileiros, de uma forma geral, apresentam baixa fertilidade natural (GIROTTTO e MIELI, 2004) e a prática do uso de adubos químicos por parte dos produtores é baixa (DUBEUX JR. et al., 2006), este processo se apresenta como uma via fundamental de entrada de N no sistema.

Segundo Hungria et al. (2010), a prática da consorciação de espécies fixadoras de N₂ com gramíneas pode proporcionar a redução de até 50% no uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos, ocasionando economia ao produtor e diminuindo os riscos de contaminação ambiental. Desta forma, a inclusão de leguminosas fixadoras neste sistema, além de contribuir para a fixação de N, também enriquece o valor nutricional da forragem produzida, uma vez que normalmente essas espécies têm elevado teor de proteínas (FREITAS et al., 2010). De acordo com Souza e Espíndola (2000) e Vieira et al. (2005), as leguminosas arbustivas sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) e gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) têm apresentado alto potencial de uso em sistemas silvipastoris. Além de prover N ao solo por meio da fixação biológica, Apolinário et al. (2016) comprovaram a eficiência da deposição e decomposição da serrapilheira destas leguminosas como uma importante fonte de nutrientes a ser reaproveitada pelo sistema. A potencialidade do uso da madeira destas espécies também tem se mostrado satisfatório, contribuindo de forma bastante significativa no incremento da renda de produtores rurais, quando da venda de madeiras e outros produtos extraídos das árvores (SILVA et al., 2004).

As finalidades de uso variam de acordo com cada espécie, sendo a sabiá bastante valorizada para uso como cerca viva, estacas e lenha, devido ao seu alto poder calorífico, resistência físico-mecânica, durabilidade e resistência a períodos de estiagem (LEAL JR. et al., 1999; LORENZI, 2000). A capacidade madeireira com vista à

produção de estacas varia entre 4000 a 9000 estacas/ha, em plantios com oito anos de idade (LEAL JR. et al., 1999; BARBOSA, 2008). A densidade da sabiá ($0,80 \text{ g cm}^{-3}$), e seu elevado teor de lignina (32%) atribuem a ela excelente aptidão para uso na produção de carvão (BARBOSA, 2008). A opção de fenação de suas folhas lhe confere ainda a possibilidade de uso como suplementação alimentar durante períodos de estiagem.

Lima et al. (2008) afirmaram que a preferência de animais por folhas de sabiazeiro é altamente variável de acordo com a quantidade de acúleos e a época do ano. Além disso, os teores de taninos condensados no sabiá são mais elevados que os da gliricídia (Silva et al., 2013), podendo chegar a, aproximadamente, 200 g/kg (Béllen, 2002). Elevados teores de taninos condensados podem restringir a palatabilidade e aceitação como dieta a animais e restringir a digestibilidade. Os teores médios de proteína bruta nas folhas variam entre 270 g/kg, na estação das águas, e 190 g/kg na estação seca (Vieira et al., 2005).

A gliricídia apresenta certa tolerância à seca e excelente aptidão para ser usada como forragem, pois suas folhas apresentam valor protéico variando entre 20 e 30% de proteína bruta na matéria seca (SÁ e SÁ, 2009). Suas raízes têm características de enraizamento profundo, assegurando a captura de nutrientes em camadas mais profundas do solo (RANGEL et al., 2008). Sua deposição de material senescente no entorno da copa se assemelha a de vegetações nativas, lhe conferindo elevada taxa de acúmulo deste material no solo (MENDONÇA, 2005). Seu uso também é ressaltado por Silva (2004) na formação de cercas vivas.

Todavia, apesar dos inúmeros benefícios elencados a respeito do uso de sistemas silvipastoris, deve-se entender que se trata de um investimento de médio a longo prazo, principalmente no que concerne ao aproveitamento da madeira (ABEL et al., 1997). O momento de sua implantação é considerado o mais crítico do processo, sendo necessários alguns cuidados como as condições meteorológicas no período do plantio, além da proteção das leguminosas durante a fase inicial, quando na competição com invasoras, com gramíneas agressivas, pastejo precoce, pisoteio intenso, herbivoria por insetos, doenças e pragas (PACIULLO et al., 2010). Para que possa ser considerado um investimento de menor risco, é necessário que as espécies arbóreas escolhidas garantam perenidade no sistema. As espécies sabiá e gliricídia apresentam, em comum, elevado poder de regeneração, quando submetidas a desbastes e alta capacidade de rebrote

quando cortadas, além de bom interesse comercial para regiões tropicais, devido a suas características de uso múltiplos (SILVA, 2004).

Com base nos aspectos relacionados acima, fica evidente que a implantação de sistemas silvipastoris apresenta-se como uma alternativa viável como forma de aumentar a fertilidade do solo, a produção de forragem e o aumento de renda do produtor com a exploração da madeira advinda do sistema.

Dessa forma, o presente estudo tem o objetivo de avaliar o potencial madeireiro e forrageiro de sistemas silvipastoris com leguminosas arbóreas na Zona da Mata de Pernambuco.

Referências Bibliográficas

ABEL, N. Design principles for farm forestry: a guide to assist farmers to decide where to place trees and farm plantations on farms. Thebarton (Austrália): Finsbury Press Pty, 1997.

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 25-58, 2003.

ALLEN, V.G., C. BATELLO, E.J. BERRETTA, J. HODGSON, M. KOTHMANN, X. LI, J. MCIVOR, J. MILNE, C. MORRIS, A. PEETERS, AND M. SANDERSON. An international terminology for grazing lands and grazing animals. Grass Forage Sci. v. 66, p. 2-28, 2011.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e melhoria da qualidade ambiental. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 25, p. 189-197, 2001.

AMIOTTI, N. M.; ZALBA, P.; SÁNCHEZ, L. F.; PEINEMANN, N. The impact of single trees on properties of loess-derived grassland soils in Argentina. Ecology, v. 81, n. 12, p. 3283-3290, 2000.

ANDRADE, C.M.S. Importância das leguminosas forrageiras para a sustentabilidade dos sistemas de produção de ruminantes. In: Macedo Junior, G. L. et al. (Eds). Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes no Cerrado “Sustentabilidade do Sistema Produtivo” I, 2012, Uberlândia. Anais de palestras... Uberlândia:UFU, p. 47-94, 2012.

ANGELO, H. e VALE, A. T. A demanda de lenha e seus impactos na cobertura florestal do Nordeste brasileiro. Brasília: UnB. Departamento de Engenharia Florestal. Comunicações Técnicas, p. 40, 2005.

APOLINÁRIO, V. X.O.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; LIRA, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, M. V. F.; SAMPAIO, E. V. S. B. and MUIR, J.P. Tree legumes provide marketable wood and add nitrogen in warm-climate silvopasture systems. *Agronomy Journal (Print)*, v. 107, p. 1915-1921, 2015.

ASSMANN, A.L.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; ASSMANN, T.S. e OLIVEIRA, E.B. DE; SANDINI, I. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo-branco e nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n.1, p. 37-44, 2004.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. (Ed.). Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta. Brasília: Embrapa, p. 130, 2011.

BARBOSA, T.R.L. Plantio do sabiazeiro (*Mimosa caesalpiniiifolia*) em pequenas e médias propriedades. In: BARBOSA,T.R.L.; SOARES, M.P.; BARROSO, D.G. Programa Rio Rural, p.12. (Programa Rio Rural. Manual Técnico 2), 2008.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK J.; PAVINATO, A.; DIECKOW J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. *Soil & Tillage Research*, v. 86, p. 237-245, 2006.

BÉELEN, P.M.G. Taninos condensados de leguminosas nativas do semi-árido nordestino. Jaboticabal, 71 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2002.

BERNARDINO, F.S. e GARCIA, R. Sistemas Silvopastoris. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 60, p.77-87, 2009.

BRAGA, G.J. Contribuição da pastagem para o seqüestro de carbono. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM,. Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fealq, v. 23, p. 271-296, 2006.

BRAGA, R.F.; KORASAKI, V.; ANDRESEN, E.; LOUZADA, J. Dung beetle community and functions along a habitat-disturbance gradient in the Amazon: a rapid assessment of ecological functions associated to biodiversity. Plos One v. 8, 2013.

BRAZ, S. P.; URQUIAGA, B. J. R.; ALVES, C. P.; JANTALIA, A. P.; GUIMARÃES, C. A.; DOS SANTOS, S. C.; DOS SANTOS, E. F. M. e PINHEIRO, R. M. Soil carbon stock under productive and degraded *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. Soil Sci. Soc. of Am. J., v. 77, p. 914, 2013.

CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P. e XAVIER, D.F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. Pesq. agropec. bras. v. 37 n. 5 Brasília, 2002.

DANIEL, O.; COUTO, L.; E VITORINO, A.C.T. Sistemas agroflorestais como alternativa sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas. In: Simposio sustentabilidade da pecuária de leite no Brasil, 1., Goiânia. Anais... Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, p. 151-170, 1999.

DIAS FILHO, M.B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas. In: Simpósios da Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 43. João Pessoa. Anais... João Pessoa: SBZ: UFPB. (Suplemento Especial da Revista Brasileira de Zootecnia, v. 35, p. 535-553, 2006.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; CORREIA, M. E. F.; RODRIGUES, K. M.; FRANCO, A. A. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Pesq. Agropec. Trop. V. 37, p. 38-44, 2007.

DIAS FILHO, M.B. Diagnóstico das pastagens no Brasil / Moacyr Bernardino Dias-Filho. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

DUARTE, J.A.V.; PREVIDELL, M.A.; ORRICO, A.C.A; AGUERO, M.A.F AND BRITZ, G.D.V. Height and productivity of *Urochloa brizantha* in different seasons and cutoff frequencies. *Investigacion Agraria*, v. 19, p. 44-48, 2017.

DUBEUX JR., J.C.B., SOLLENBERGER, L.E.; INTERRANTE, S.M.; VENDRAMINI, J.M.B.; STEWART JR, R.L. Litter decomposition and mineralization in bahiagrass pastures managed at different intensities. *Crop Sci.*, v. 46, p. 1305-1310, 2006.

DUBEUX JR, J.C.B.; SOLLENBERGER, L.E.; GASTON, L.A.; VENDRAMINI, J.M.B.; INTERRANTE, S.M.; STEWART, J.R. Animal behavior and soil nutrient redistribution in continuously stocked Pensacola bahiagrass pastures managed at different intensities. *Crop Science* v. 49, p. 1503–1510, 2009.

DULEBA, S. Primeira etapa de implantação do sistema silvipastoril: fazenda Cabiceira do Prata. *Jardim*: [s.n.], 2009.

DUNGER, J.; PURTAUF, A.; ALLSPACH, J.; FRISCH, K. VIGTLANDER; WOLTERS, V. Landscape controls on diversity: a test using surface-dwelling soil macroinvertebrates of differing mobility. *Global Ecology and Biogeography*, v. 14, p. 213-221, 2005.

DUPRAZ, C.; LIAGRE, F. *Agroforesterie: des arbres et des cultures*. Paris: France Agricole, 413p., 2008.

ENDRES, A. A.; HERNÁNDEZ, M. I. M.; CREÃO-DUARTE, A. J. Considerações sobre *Coprophanæus ensifer* (Germar) (Coleoptera, Scarabaeidae) em um remanescente de Mata Atlântica no Estado da Paraíba, Brasil. *Rev. Bras. Entomol.* v. 49(3), p. 427-429, 2005.

ENGEL, V. L. Introdução aos Sistemas Agroflorestais. Botucatu: FEPAF, 70p., 1999.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of Food and Agriculture, 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/publications/en/>>. Acesso em 04 de agosto de 2015.

FAO. FAOSTAT – Food and Agriculture Data, 2013. Disponível em : <http://fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050>. Acesso em 22 de janeiro de 2019.

FLECHTMANN, C. A. H.; RODRIGUES, S. R. Insetos fimícolas associados a fezes bovinas em Jaraguá do Sul/SC. 1. Besouros coprófagos (Coleoptera, Scarabaeidae). Rev. Bras. Entomol. v. 39(2), p. 303-309, 1995.

FONSECA, D. M. e MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). Plantas forrageiras. Viçosa, MG: UFV, p. 220-248, 2010.

FRANKE, I. L. e FURTADO, S. C. Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco: Embrapa Acre, 51 p., 2001.

FREITAS, A. D. S.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SANTOS, C. E. R. S. Abundância natural do ¹⁵N para quantificação da fixação biológica do nitrogênio em plantas. In: Figueiredo, M. V. B.; Burity, H. A.; Oliveira, J. P. et al.. (Ed.). Biotecnologia Aplicada à Agricultura: Textos de Apoio e Protocolos Experimentais. Recife, p. 505-517, 2010.

GARCIA, A.R.; MATOS, L.B.; LOURENÇO JÚNIOR, J. de B.; NAHÚM, B. de S.; ARAÚJO, C.V. de; SANTOS, A.X. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, p. 1409-1414, 2011.

GIROTTO, A.F.; MIELI, M. Situação atual e tendências para a avicultura de corte nos próximos anos. Brasília, Embrapa, 2004.

HANISCH, A.L.; NEGRELLE, R.R.B.; BALBINOT JUNIOR, A.A. e ALMEIDA, E.X. Produção, composição botânica e composição química de missioneira-gigante consorciada com leguminosas perenes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 11, n. 1, p. 60-66, 2016.

HIRATA, M.; HIGASHIYAMA, M.; HASEGAWA, N. Diurnal pattern of excretion in grazing cattle. *Livestock Science*, v. 142, n. 1, p. 23-32, 2011.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M. and PEDROZA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum 495 brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*. V. 496, p. 413-425, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Series Estatísticas e Series Históricas, 2012. http://www.ibge.gov.Br/series_estatisticas/exibedados.php?dnivel=BR&idserie=AGR. Acesso em 07 de agosto de 2017.

IPAM. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Series Estatísticas e Series Históricas, 2017. http://www.ibge.gov.Br/series_estatisticas/exibedados.php?dnivel=BR&idserie=AGR. Acesso em 22 de setembro de 2018.

LEAL JÚNIOR, G.; SILVA, J. A.; CAMPELO, R. C. B. Proposta de manejo sustentado do “sabiá” (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). Crato: IBAMA/PNUD/BRA/033, 15p. (Boletim Técnico, 3), 1999. LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbustivas nativas do Brasil. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 1. p. 351, 2000.

LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. O. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Braquiaria decumbens* em sistema silvipastoril. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, n. 3, p. 668-675, 2005.

LEMOS, M. S.; MAIA, E.; FERREIA, E.; STACHIW, R. Uso da cama de frango como adubo na agricultura. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia*, v. 3, n. 1, p. 57-68, 2014.

LIMA, L.C.M.; OLIVEIRA, G.G.; e GARRIDO, C.S. Cabruças e consórcios: um estudo de viabilidade econômica de sistemas agroflorestais no sul da Bahia. In: XLV congresso da Sober, Londrina Anais... Londrina, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2007.

LIMA, I.C.A.R., LIRA, M. DE A., MELLO, A. C. L., SANTOS, M.V.F., FREITAS, E.V. e FERREIRA, R.L.C. Avaliação de sabiazeiro (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) quanto a acúleos e preferência por bovinos. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár.*, v. 3, p. 289-294, 2008.

LOUARN, G.; PEREIRA-LOPÈS, E.; FUSTEC, J.; MARY, B.; VOISIN, A.S.; CARVALHO, P.C. and GASTAL, F. The amounts and dynamics of nitrogen transfer to grasses differ in alfalfa and with clover-based grass-legume mixtures as a result of rooting strategies and rhizo deposit quality. *Plant and soil*, Dordrecht, v. 389, n. 1-2, p. 289-305, 2015.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistemas pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds.) *Simpósio Sobre Ecossistemas das Pastagens*, v. 2, 1993. Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: FUNEP: UNESP, p. 216-245, 1993.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G.; ARAÚJO, A. R. Degradação de pastagens, alternativas de recuperação e renovação, e formas de mitigação. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande-MS, 2012.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/ministerio>. Acessado em 07 de agosto de 2017.

MELADO, J. Pastagens Ecológicas: o habitat natural do bovino Orgânico. In: Primeira Conferência Global Virtual sobre Produção Orgânica de Bovinos de Corte. Embrapa Pantanal Corumbá e Universidade do Contestado, Concórdia. 21p, 2002.

MELO, A. C. Geografia dos combustíveis lenhosos na microrregião de Patos- Paraíba. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geográficas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1998.

MENDONÇA, J. F. B. Gliricidia: a planta de multi-propósito para agricultura tropical. Disponível em: <<http://www.boletimpecuario.com.br/artigos>>. Acessado em 10 de agosto de 2015.

MURGUEITIO, E.; URIBE, F.; GACHARNÁ, N.; TAFUR, O.; SOLORIO-SÁNCHEZ, F. J.; SOLORIO, B.; FLORES, M. X. Produção de leite com sistemas silvipastoris intensivos. In: Congresso Latinoamericano de sistemas agroflorestais para a produção pecuária sustentável – Sapps. 7., Anais.... Belém do Pará, UFPA, 2012.

NAIR, P. K. R. An Introduction to Agroforestry. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 520p, 1993.

NEPOMUCENO, A. N.; SILVA, I. C. Caracterização de sistemas silvipastoris da região noroeste do Estado do Paraná. Revista Floresta, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 279-287, 2009.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) Fertilidade do solo. 2.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 375-470, 2007.

OLIVO, C.J.; ZIECH, M.F.; MEINERZ, G.R.; AGNOLIN, C.A.; TYSKA, D.; BOTH, J.F. Valor nutritivo de pastagens consorciadas com diferentes espécies leguminosas. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, n. 8, p. 1543-1552, 2009.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-

braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T; GOMIDE, C. A. M. et al. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. *Scientia Agricola*, v. 67, n. 5, 2010.

PINHEIRO, A.; ARAÚJO, R.B.; SILVA, I.; SOUZA, M.D.; SILVA JÚNIOR, J.G.; MACHADO, M.P. e MARTINOVSKI, P.P. Ocorrência de escarabeíneos (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae) em 2 tipos de armadilhas iscadas com etanol em área de transição cerrado *Sensu Stricto* e Pantanal, Mato Grosso. *Biodiversidade* - v. 16, n. 3, p. 49, 2017.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Arborização de pastagens: I. Procedimentos para introdução de árvores em pastagens. Colombo: Embrapa Florestas, 8p., 2006.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H. e SILVA, A.G. Extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio pelo capim coastcross adubado. *Revista Ceres* v. 51 (295), p. 295-306, 2004.

RANGEL, J. H. A.; ALMEIDA, S. A.; MUNIZ, E. N. et al. Sistema silvipastoril: uma alternativa para a produção de ruminates. In: Muniz, E. N.; Gomide, C. A. de M. et al. (Ed.). *Alternativas alimentares para ruminantes II*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 245- 267, 2008.

RIBEIRO FILHO, H.M.N.; PEYRAUD, J.L and DELAGARDE, R. Foraging behavior and ruminal fermentation of dairy cows grazing ryegrass pasture alone or with white clover. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 3, p. 458-465, 2012.

RONQUI, D. C.; LOPES, J. Composição e diversidade de Scarabaeoidea (Coleoptera) atraídos por armadilha de luz em área rural no norte do Paraná, Brasil. *Iheringia Ser. Zool.* v. 96(1), p. 103-108, 2006.

RUGGIERI, A.C. e CARDOSO, A.S. Balanço de carbono em sistemas de produção animal: fontes de emissão e opções de mitigação. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. v. 25 (1-2), p. 37-44, 2017.

SÁ, C. O.; SÁ, J.L. Sistema Agrossilvipastoril para Convivência com o Semi-Árido Sergipano In: VI Congresso Brasileiro de Agroecologia, v. 6, Curitiba. Anais... Curitiba: ABA, p. 2781-2785, 2009.

SCHNAIDER, M.A.; RIBEIRO-FILHO, H.M.N.; KOZLOSKI, V.; REITER, T.; DALLORSOLETTA, A.C. and DALLABRIDA, A.L. Intake and digestion of wethers fed with dwarf elephant grass hay with or without the inclusion of peanut hay. *Tropical Animal Health and Production*, v. 46, n. 6, p. 975-980, 2014.

SILVA, J. C.; CABALLEIRA LOPEZ, A. G. e OLIVEIRA, J. T. S. Influência da idade na resistência natural da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 583-87, 2004.

SILVA, J.A.R. da; ARAÚJO, A.A. de; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTOS, N. F. A. S.; GARCIA, A.R.; NAHÚM, B. S. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 1364-1371, 2011.

SILVA, A. B.; LIRA JUNIOR, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. FIGUEIREDO, M. V. B.; VICENTIN, R. P. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* v. 37 n. 2, 2013.

SOLLENBERGER, L.E.; DUBEUX JR., J.C.B.; SANTOS, H.Q.; MATHEWS, B.W. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. p. 151-179. In A.M.V. Batista et al. (ed.) *Proc. Brazilian Soc. Animal Sci.*, Recife, Brazil. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Brasilia, Brazil, 2002.

SOUZA, A. A. e ESPÍNDOLA, G. B. Bancos de proteína de leucena e guandu para suplementação de ovinos em pastagem de capim-bufel. In: XXXVII Reunião Anual 70 da Sociedade Brasileira de zootecnia. Anais...Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2000.

VANZELA, J. Y. A.; SANTOS, G. B. Sistemas silvipastoris como alternativa para o aumento da produtividade da propriedade rural: revisão. Anais do simpósio nacional de tecnologia em agronegócio. Perspectivas e Tendências em Bioenergia e Produção de Alimentos, 2013.

VIEIRA, E. L.; CARVALHO, F. R. R.; BATISTA, A. M. V. Composição química de forrageiras e seletividade de bovinos em bosque-de-sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) nos períodos chuvoso e seco. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 34, n. 5, 2005.

ZIMMER, A.H.; ALMEIDA, R.G.; BUNGENSTAB, D.J.; KICHEL, A.N. Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: histórico e perspectivas para o desenvolvimento sustentável. VII Congresso Latino americano de Sistemas Agroflorestais para a Produção Agropecuária Sustentável, 2012.

CAPÍTULO II

Potencial madeireiro e forrageiro de leguminosas
arbóreas em sistemas silvipastoris

Potencial madeireiro e forrageiro de leguminosas arbóreas em sistemas silvipastoris

RESUMO

A introdução de sistemas silvipastoris é uma alternativa viável para o aumento da eficiência na ciclagem de nutrientes em pastagens, além de agregar valor por área ao produtor através de recursos advindo da madeira. Buscou-se avaliar a produção, características físicas, teores de N, C, composição isotópica ($\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$) e digestibilidade das folhas das árvores. Foi realizado o corte raso de indivíduos adultos das espécies *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud e *Mimosa caesalpinifolia* Benth. consorciadas com *Brachiaria decumbens* Stapf. Avaliou-se aspectos endométricos da biomassa das espécies arbóreas após sete anos de plantio. Foram mensuradas características físicas da madeira para determinação da densidade e do poder calorífico. Foram analisados ainda a digestibilidade das folhas das leguminosas, teores de N e C, e composição isotópica ($\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$) nas folhas, galhos e fustes. Não foi encontrada diferença estatística para a produção de madeira destinada a lenha e estacas finas ou grossas, entre as espécies estudadas ($p=0,1190$, $p=0,1299$, $p=0,2579$, respectivamente). A madeira de sabiá apresentou densidade de $0,94 \text{ g cm}^{-3}$ nos galhos com diâmetro $\geq 2,55 \text{ cm}$ e $< 4,13 \text{ cm}$ e $0,99 \text{ g cm}^{-3}$ nos fustes com diâmetro $\geq 4,14 \text{ cm}$, enquanto que a gliricídia obteve $0,75 \text{ g cm}^{-3}$ e $0,66 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente ($p<0,0001$). O poder calorífico para sabiá nos galhos com diâmetro $\geq 2,55 \text{ cm}$ e $< 4,13 \text{ cm}$ foi $4,19 \text{ kcal g}^{-1}$ e $4,31 \text{ kcal g}^{-1}$ para fustes com diâmetro $\geq 4,14 \text{ cm}$. A gliricídia apresentou valores de $4,08 \text{ kcal g}^{-1}$ nos galhos com diâmetro $\geq 2,55 \text{ cm}$ e $< 4,13 \text{ cm}$ e $4,15 \text{ kcal g}^{-1}$ nos fustes com diâmetro $\geq 4,14 \text{ cm}$ ($p<0,0001$). Folhas de gliricídia (430 g kg^{-1}) foram mais digestíveis do que folhas de sabiá (213 g kg^{-1}) ($p=0,0076$). Os resultados encontrados no momento do corte raso das árvores confirmaram estoque de 53 kg N ha^{-1} fixado pela gliricídia e de 98 kg N ha^{-1} pela sabiá. Os valores de $\delta^{15}\text{N}$ e teor de N foram maiores nas folhas da gliricídia ($2,9 \text{ ‰}$ e 37 g kg^{-1}) em relação às da sabiá ($1,2 \text{ ‰}$ e 32 g kg^{-1}) ($p=0,0253$ e $p=0,0074$), respectivamente. As concentrações de C foram superiores na sabiá, tanto nas folhas quanto nos galhos e nos fustes, com diferenças significativas ($p<0,0001$, $p=0,353$ e $p=0,0353$, respectivamente). A introdução do sistema silvipastoril

proporcionou aporte de N ao solo por meio da fixação biológica. A sabiá proporcionou maior fixação biológica de N e apresentou melhores qualidades físicas na madeira, entretanto a gliricídia apresentou maior valor nutritivo e melhor digestibilidade da forragem. A adoção do sistema silvipastoril permite ainda incremento de renda por meio da venda de madeira.

“Palavras chave”: forragem, leguminosas, madeira, nitrogênio.

WOODEN AND FORAGE POTENTIAL OF TREE LEGUMES IN SILVOPASTURE SYSTEMS

ABSTRACT

The introduction of silvopastoral systems is a viable alternative for increasing efficiency in nutrient cycling in pastures, besides adding value per area to the producer through resources derived from wood. The objective was to evaluate the production, physical characteristics, N, C concentrations, isotopic composition ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$), and digestibility of tree leaves. A staging cut was performed on adult individuals of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud and *Mimosa caesalpinifolia* Benth. in consortium with *Brachiaria decumbens* Stapf. Morphometric aspects of the biomass of the tree species were evaluated after seven years of planting. Physical characteristics of the wood were measured to determine density and calorific value. The digestibility of legume leaves, N and C concentrations, and isotopic composition ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) in the leaves, branches and stems were also analyzed. No statistical difference was found for wood production for cuttings and firewood among tree species ($p=0.1190$, $p=0.1299$, $p=0.2579$, respectively). Sabia wood presented density of 0.94 g cm^{-3} in the branches with a diameter $> 2.55 \text{ cm}$ and $< 4.13 \text{ cm}$ and 0.99 g cm^{-3} in the stems with a diameter $\geq 4.14 \text{ cm}$, while the gliricidia gave 0.75 g cm^{-3} and 0.66 g cm^{-3} , respectively ($p<0.0001$). Calorific value for sabia was 4.19 kcal g^{-1} in the branches with diameter $> 2.55 \text{ cm}$ and $< 4.13 \text{ cm}$ and 4.31 kcal g^{-1} in the stems with diameter $\geq 4.14 \text{ cm}$. Gliricidia calorific value was 4.08 kcal g^{-1} in the branches with diameter $> 2.55 \text{ cm}$ and $< 4.13 \text{ cm}$ and 4.15 kcal g^{-1} in the stems with diameter $\geq 4.14 \text{ cm}$ ($p<0.0001$). Gliricidia leaves (430 g kg^{-1})

were more digestible than leaves of sabia (213 g kg^{-1}) ($p=0.0076$). Gliricidia contributed with 53 kg N ha^{-1} of biologically fixed N and sabia with 98 kg N ha^{-1} . The values of $\delta^{15}\text{N}$ and N concentration were greater in the leaves of gliricidia (2.9 ‰ and 37 g kg^{-1}) than the sabia (1.2 ‰ and 32 g/kg^{-1}) leaves ($p=0.0253$ and $p=0.0074$), respectively. Carbon concentrations were greater in sabia for leaves, branches and stems, with significant differences ($p<0.0001$, $p=0.0353$ and $p=0.0353$, respectively). The introduction of the silvopastoral system provided N to the soil via biological fixation. Sabia provided greater biological nitrogen fixation and presented better physical qualities in the wood, however, gliricidia showed greater nutritive value and better forage digestibility. The adoption of the system also might allow an increase of income through the sale of wood.

“Key words”: forage, legumes, nitrogen, wood.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o agronegócio é responsável por cerca de um quarto do produto interno bruto, sendo atribuído ao setor pecuário cerca de 30% deste total, o que torna clara a importância desta atividade para a economia nacional (VIEIRA FILHO e FISHLOW, 2017). No entanto, fatores como o uso inapropriado do solo, que tem levado ao esgotamento natural da fertilidade, o manejo inadequado, o uso inadvertido do fogo e adversidades oriundas das mudanças climáticas cada vez mais frequentes, tem ocasionado a degradação das pastagens, o que tem se tornado um fator limitante para a manutenção e aumento da produtividade animal (SOLLENBERGER et al., 2002; DIAS FILHO, 2011).

Vieira Filho (2017) e Malafaia et al. (2014) afirmam que existem muitas áreas de pastagem com baixa produtividade, o que eleva a produção de gases de efeito estufa em detrimento à produção de carne. Animais com boa oferta nutricional na dieta tendem a produzir menor quantidade de gás metano por unidade de ganho de peso (ALMEIDA e MEDEIROS, 2015), o que assegura que um ecossistema de pastagem bem equilibrado

associado a um manejo adequado do sistema tornem a produção ambientalmente mais eficiente e sustentável.

Diante destas adversidades, Vieira Filho (2017) assegura que a busca por novas alternativas e o investimento em novas tecnologias é um fator preponderante para continuidade da produção. Segundo Gurgel e Laurenzana (2016), o Brasil tem assumido compromissos com vistas à mitigação da mudança do clima, dentre as quais a adoção de novas tecnologias que levem à sustentabilidade da produção. Dentre as metas propostas estão a recuperação de pastagens degradadas, fixação biológica de nitrogênio e integração de sistemas silvipastoris, que têm como objetivo a introdução de sistemas sustentáveis, que visem a garantia da biodiversidade, proteção dos recursos hídricos e aumento da geração de renda por área (GURGEL e LAURENZANA, 2016).

De acordo com a Rede de Fomento IFPL (2016), a consorciação de pastagens com árvores pode trazer benefícios de ordem econômica, como aumento da renda líquida, maior produção de alimentos, redução da sazonalidade na geração de emprego e redução do risco econômico devido à diversificação da produção. Os benefícios ambientais e econômicos podem ser caracterizados como melhoria da qualidade e conservação das características do solo, manutenção da microfauna do ecossistema, provimento de conforto térmico assegurando bem-estar animal, diminuição da abertura de novas áreas de vegetação nativa, mitigação das emissões de gases de efeito estufa por meio do sequestro de carbono, além do incremento de renda por meio da produção de outros produtos comerciais (e.g. madeira) advindos desta cadeia produtiva (SOLORIO et al., 2016; ESPERSCHUETZ et al., 2017).

A introdução das espécies leguminosas arbóreas gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) tem se apresentado como excelente alternativa para pastagens consorciadas devido à diversidade de uso de seus componentes (DIAS FILHO, 2007). Ambas as espécies podem ser utilizadas para construção de cercas vivas, como plantas ornamentais, proteção e cobertura do solo, quebra vento, provimento de sombra, incorporação de material orgânico no solo, manutenção e proteção dos recursos hídricos, aumento da microfauna presente no ecossistema, além da melhoria das qualidades físico-químicas do solo (DUNGER et al. 2005; GARCIA et al., 2011; SILVA et al., 2011; NYOKA et al., 2012).

Características físico-químicas da madeira bem como o valor nutricional das folhas de leguminosas arbóreas são fatores preponderantes para sua aplicação como estaca, fonte energética, ou uso como fonte de alimento na dieta de animais (LEAL JR. et al., 1999; ARAÚJO FILHO et al., 2010).

Nesta pesquisa, foi testada a hipótese de que a introdução de leguminosas arbóreas em sistemas silvipastoris contribui para o incremento de renda por área ao produtor, havendo diferenças entre espécies de leguminosas quanto à produção e qualidade da madeira e valor nutritivo da forragem. Assim, essa pesquisa teve como objetivo avaliar a produção madeireira, suas características físicas e a biomassa forrageira de espécies leguminosas em consorciação com pastagens de braquiária.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado no município de Itambé, Pernambuco. A Estação fica localizada na microrregião geográfica da Zona da Mata Norte de Pernambuco, sendo georeferenciada pelas coordenadas 7°23' S e 35°10' W, situando-se a 189 m de altitude acima do nível do mar. O índice pluviométrico médio anual deste município é de 1.300 mm, com temperatura anual média de 25°C (CPRH, 2003). O tipo climático é subúmido e o relevo considerado levemente ondulado. Os solos da região da pesquisa são classificados como argissolo vermelho-amarelo Tb distrófico, com horizonte A proeminente com textura médio argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo suave ondulado (Jacomine et al., 1972; IPA, 1994; Embrapa, 2006). Na Tabela 2.1 é apresentada a composição química do solo na área onde foi realizado o experimento.

Tabela 2.1 Caracterização química do solo da área experimental.

	pH	P	Na	K	Mg	Ca	Al	H+AL	MO
Profundidade	(água – 1:2,5)	(mg/dm ³)							g kg ⁻¹
					mmolc/dm ³				
0 - 20 cm	5,5	2,2	1,4	1,3	20	27	2,7	61,7	44,2

Foram avaliadas a produção de madeira de diversas frações das árvores, características físicas da madeira, produção de folhas, valores isotópicos ($\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$) de ramos e folhas e digestibilidade “*in vitro*” da matéria orgânica das folhas. O delineamento adotado para análises das variáveis de resposta do componente arbóreo foi o de parcelas subdivididas em blocos casualizados, com quatro repetições por tratamento. A área experimental era constituída de quatro parcelas principais para cada espécie de leguminosa. Cada parcela principal era individualmente cercada com área de 660 m² (33 m x 20 m) (Figura 2.1).

Os tratamentos dos sistemas silvipastoris eram compostos por: 1) *Brachiaria decumbens* Stapf. em consórcio com *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud; 2) *Brachiaria decumbens* Stapf. em consórcio com *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. As espécies arbóreas foram plantadas por meio de sementes e transplantadas ao solo em 2008, quando atingiram 20 cm de altura, tendo sido plantadas em fileiras duplas com espaçamento de 10 m x 1,0 m x 0,5 m com três fileiras duplas por parcela.

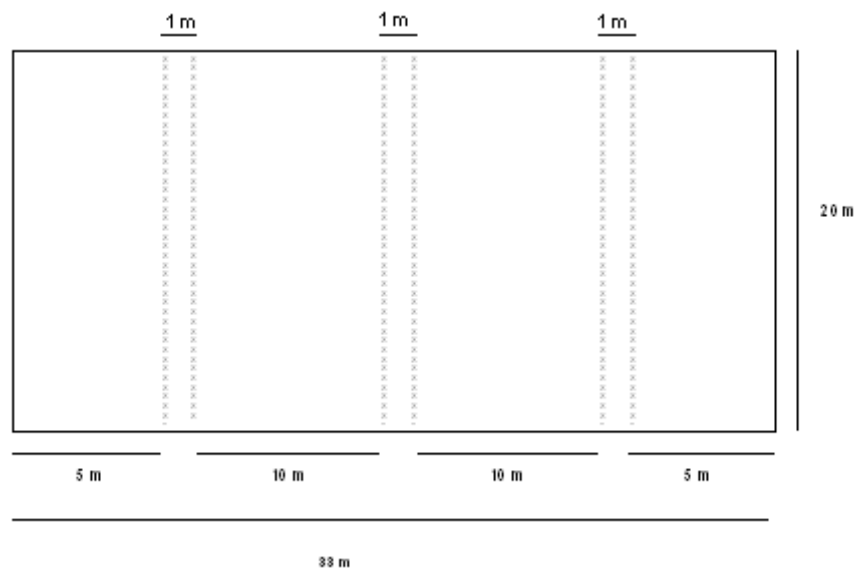


Figura 2.1 Representação de parcela de 660 m² do consórcio de leguminosas arbóreas com *Brachiaria decumbens* Stapf.

A precipitação pluviométrica anual desde a implantação do experimento, com o plantio, até o ano da colheita final das árvores está exposta na Figura 2.2.

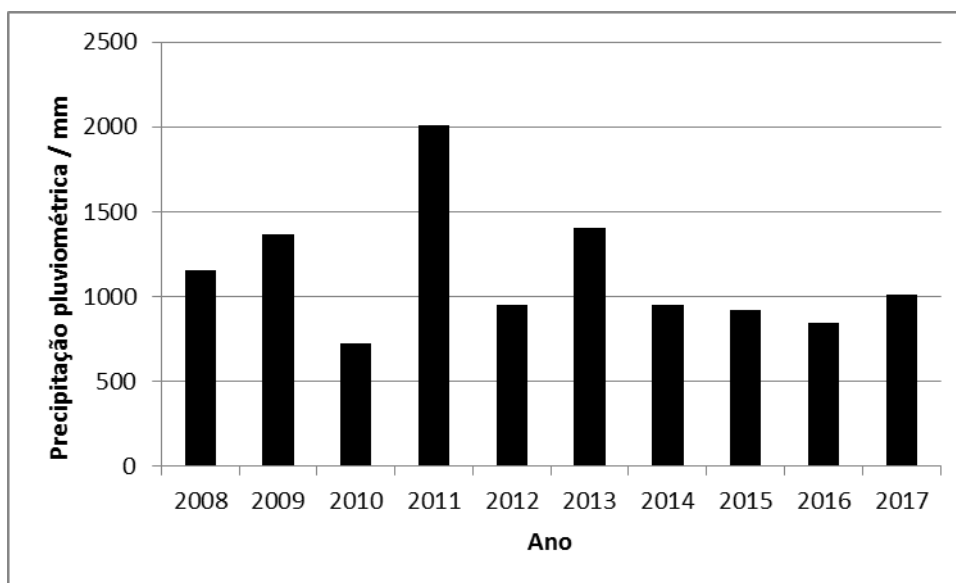


Figura 2.2 Índice pluviométrico anual da área experimental desde o início do plantio das árvores até o corte experimental. Fonte: IPA, 2018.

Para avaliação do potencial produtivo foi realizado o corte raso de metade das árvores de cada parcela. A parcela a ser cortada foi escolhida de forma aleatória após sorteio de casualização. Antes do corte raso, o stand das leguminosas arbóreas foi determinado através da contagem de plantas presentes nas filas duplas de cada parcela. A altura de corte se deu a 10 cm do nível do solo, seguindo recomendação de Nascimento Filho et al. (1983). A avaliação das árvores se deu em Julho/2015. No momento que antecedeu o corte raso da metade da parcela, foi realizada avaliação morfométrica das árvores, sendo avaliadas seis plantas por parcela, totalizando 48 árvores.

Foram avaliados a altura das árvores, diâmetro da base (DAB), diâmetro intermediário (DI) (altura entre a DAB e a DAP), diâmetro à altura do peito (DAP) (a 1,30 m do solo), peso total de folhas (PTF), peso total dos ramos (PTR) (considerados ramificações com diâmetro < 2,54 cm), peso total dos galhos (PTG) (considerados aqueles com diâmetro \geq 2,55 cm e < 4,13 cm) e peso total dos fustes (PTFU) (considerados aqueles com diâmetro \geq 4,14 cm). Após a colheita, as árvores foram separadas em quatro frações denominadas folhas, ramos, galhos e fustes. Cada uma destas frações foi medida e pesada. A altura dos fustes foi mensurada e seu perímetro medido a partir da altura da base e a cada 0,50 cm ao longo do fuste.

Em seguida, as folhas de cada árvore foram separadas e pesadas, tendo uma fração de 100 g separada, seca em estufa a 55° durante 72 horas e moída em moinho tipo willey em peneira de malha de 1 mm, sendo em seguida analisadas quanto à digestibilidade “*in vitro*” da matéria orgânica por meio de metodologia proposta por Moore e Mott (1974).

Amostras moídas e acondicionadas em ependors foram enviadas ao Laboratório de Forragem da Universidade da Flórida - Centro de Pesquisa e Educação do Norte da Flórida (NFREC), localizado em Marianna, Flórida, onde foram submetidas a análises de isótopos estáveis. Para realização destas análises, todas as amostras foram moídas utilizando um moinho de bola MM400 (Retsch, Newton, PA, EUA) a 25 Hz durante 9 minutos para obter o tamanho de partículas abaixo de 100 µm, de acordo com protocolo de Michener e Lajtha (2007). As amostras foram analisadas para C e N totais usando um analisador CHNS através do método de combustão a seco Dumas (Vario Micro Cube; Elementar, Hanau, Alemanha) acoplado a um espectrômetro de massa de razão isotópica (IsoPrime 100, IsoPrime, Manchester, UK) para analisar $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. As razões isotópicas ($R = {}^{13}\text{C} / {}^{12}\text{C}$) da amostra vegetal (R_{sample}) e do padrão (R_{standard}) tiveram os valores de R convertidos para $\delta^{13}\text{C}$ (‰) usando a equação: $\delta^{13}\text{C} = (R_{\text{sample}} / R_{\text{standard}} - 1) \times 1000\text{‰}$.

Os valores encontrados para os isótopos estáveis foram expressos em unidades de “delta” (δ), que corresponde ao desvio por mil (‰) da abundância de ${}^{15}\text{N}$ da amostra com relação ao padrão.

Foram recolhidas amostras das espécies cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) e jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), plantas não fixadoras de nitrogênio, localizadas próximas à área do experimento (plantas referências), que também foram enviadas para serem analisadas e apresentaram valores médios de 5,04‰ de ${}^{15}\text{N}$ nas folhas e 6,34 ‰ de ${}^{15}\text{N}$ nos galhos.

Com o valor da referência da planta não fixadora foi possível determinar a capacidade de fixação de N das leguminosas por meio das seguintes equações:

$$\delta^{15}\text{N} = \frac{{}^{15}\text{N} / \delta^{14}\text{N amostra} - {}^{15}\text{N} / \delta^{14}\text{N padrão}}{{}^{15}\text{N} / \delta^{14}\text{N padrão}} * 1000$$

O cálculo utilizado para expressar o percentual de N da planta que foi proveniente do ar foi estimado de acordo com equação descrita por Shearer e Kohl (1986), onde:

$$\%N_{da} = \frac{[\delta^{15}N(\text{referência}) - \delta^{15}N(\text{fixadora})] \times 100}{\delta^{15}N(\text{referência}) - B} \times 100$$

Onde o %N_{da} expressa o percentual de N da planta fixadora que é derivado do ar, $\delta^{15}N$ (referência) é a abundância de ^{15}N da planta controle não fixadora, $\delta^{15}N$ (fixadora) é a abundância de ^{15}N da planta fixadora e B é o valor de $\delta^{15}N$ para plantas fixadoras cultivadas na ausência de N. Para gliricídia foi utilizado o valor B = -1,45 ‰ segundo classificação proposta por Boddey et al. (2000), e para sabiá o valor B = -1,23 ‰ seguindo sugestão de Reis et al. (2010).

Em seguida, as partes lenhosas foram classificadas em galhos e fustes. Cada uma destas frações foi pesada, sendo 50 g de amostra de pó de serra coletada após serragem de material lenhoso em serra circular, para determinação do poder calorífico por meio do IKA C200, no Laboratório de Nutrição Animal, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, seguindo metodologia de Nock et al. (1975). Com uso de serra circular, também foram confeccionados discos de madeira com aproximadamente 2,5 cm de espessura, representando as frações de galhos e fustes, que foram submetidos à análise para determinação da densidade básica, no Laboratório de Tecnologia Florestal, no Departamento de Ciência Florestal da UFRPE, de acordo com metodologia descrita por Vital (1984).

Após a avaliação das 48 árvores, a metade das árvores de cada parcela foi cortada, perfazendo uma área de 330 m², e separada em frações comerciais de lenha e estacas (Figura 2.3).

Foi considerada lenha a parte lenhosa com diâmetro $\geq 2,55$ cm e $< 4,13$ cm. A lenha foi cortada em pedaços de 1 metro de comprimento e empilhada para determinação do metro estéril (m^s), sendo em seguida totalizada para avaliação do potencial econômico. As estacas foram divididas e classificadas em duas categorias, denominadas estacas finas aquelas com DAP (diâmetro à altura do peito) $\geq 4,14$ cm e $< 6,36$ cm e estacas grossas aquelas com DAP $\geq 6,37$ cm. Só foram consideradas estacas os fustes que estiveram dentro dos padrões de DAP descritos acima e com altura

mínima de 2,20 m de comprimento. As estacas foram então contabilizadas e avaliadas comercialmente de acordo com valor de mercado.

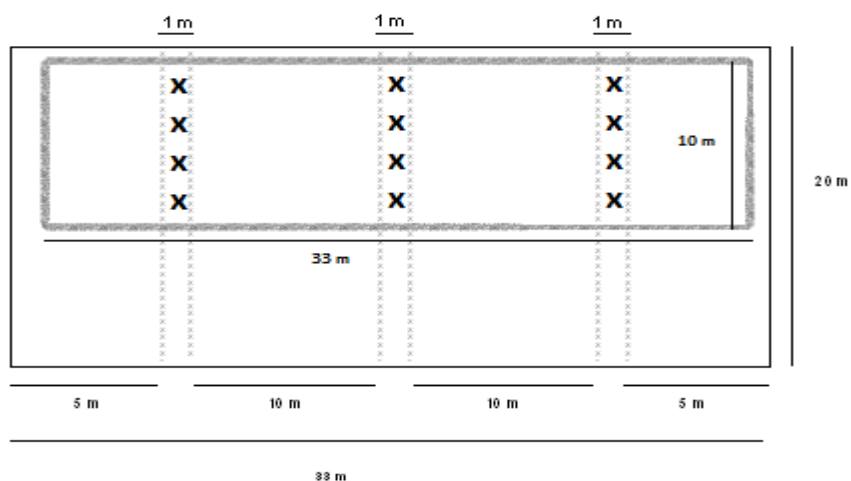


Figura 2.3 Representação de subparcela de (330 m²) do consórcio de leguminosas arbóreas com *Brachiaria decumbens* Stapf.

Para a colheita das árvores, os dados foram analisados em um delineamento de blocos casualizados. Foi utilizado o Proc Mixed do Pacote Computacional SAS (SAS, 2017) e as médias dos quadrados mínimos (LSMEANS) comparadas com o pdiff ajustado para Tukey, com nível de probabilidade de 5%. Espécies de leguminosa constituíram o efeito fixo e blocos os efeitos aleatórios. Para análise da qualidade da madeira, foram comparadas frações das plantas (galhos e fustes) das diferentes espécies. Nesse caso, os efeitos fixos incluíram espécie de leguminosa e fração (galho e fuste), sendo os blocos considerados efeito aleatório.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Potencial silvícola

As medidas endométricas encontradas nas árvores adultas, cortadas aos sete anos de idade, não apresentaram diferenças entre as espécies gliricídia e sabiá para as variáveis diâmetro da base ($p=0,6010$), diâmetro intermediário ($p=0,3473$) e diâmetro à altura do peito ($p=0,3383$), que apresentaram valores de $6,7 \pm 0,003$ cm para gliricídia e

7,0 ± 0,003 cm para sabiá; 5,1 ± 0,002 cm para gliricídia e 5,4 ± 0,002 cm para sabiá e 5,1 ± 0,0003 cm para gliricídia e 5,7 ± 0,0003 cm para sabiá, respectivamente.

Também não houve diferença estatística para peso total dos galhos (p=0,3806) e peso total dos fustes (p=0,7580), com médias de 6,6 ± 1,7 kg árvore⁻¹ para gliricídia e 8,3 ± 1,7 kg árvore⁻¹ para sabiá e 8,5 ± 1,7 kg árvore⁻¹ para gliricídia e 9,2 ± 1,7 kg árvore⁻¹ para sabiá, respectivamente.

A altura média das árvores que compunham o componente arbóreo do bosque de sabiá (7,2 ± 0,21 m) apresentaram números maiores que os de gliricídia (6,4 ± 0,21 m) (p=0,0070) (Tabela 2.2). Resultados semelhantes foram obtidos para peso total das folhas, que apresentou maior produção de folhas nas árvores de sabiá (3,4 ± 0,42 kg árvore⁻¹) em detrimento às árvores de gliricídia (1,7 ± 0,42 kg árvore⁻¹) (p=0,0103) e para peso total dos ramos, que apresentou valores de 3,6 ± 0,7 kg árvore⁻¹ na gliricídia e 5,3 ± 0,7 kg árvore⁻¹ na sabiá (p=0,0356) (Tabela 2.2).

A média de altura encontrada corresponde proporcionalmente aos valores encontrados em diversas pesquisas, desde Carvalho (1978) que avaliou espécies de sabiá com 11 anos de idade e uma altura média de 9,5 m, Suassuna (2003) que apontou

Tabela 2.2 Medidas endométricas de gliricídia e sabiá em consórcio com braquiária decumbens após sete anos de estabelecimento.

Espécie	Altura (m)	DAB	DI (cm)	DAP	PTF	PTR	PTG	PTFU
						(kg árvore ⁻¹)		
Gliricídia	6,4 B	6,7 A	5,1 A	5,1 A	1,7 B	3,6 B	6,6 A	8,5 A
Sabiá	7,2 A	7,0 A	5,4 A	5,7 A	3,4 A	5,3 A	8,3 A	9,2 A
Erro Padrão	0,20	0,003	0,002	0,0003	0,44	0,7	1,7	1,7

DAB (diâmetro da base), DI (diâmetro intermediário), DAP (diâmetro à altura do peito), PTF (peso total das folhas), PTR (peso total dos ramos com diâmetro < 2,54 cm), PTG (peso total dos galhos com diâmetro ≥ 2,55 cm e < 4,13 cm) e PTFU (peso total dos fustes com diâmetro ≥ 4,14 cm).

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p≥0,05).

árvores de sabiá com 5,6 m aos seis anos de idade e Silva (2017) que avaliou árvores de sabiá com 4,4 m aos quatro anos de idade. Martinez (1985) e Picado (1985) obtiveram alturas de gliricídia de 3,0 m aos dois anos de idade e de 7,0 m aos quatro anos de idade, respectivamente. Já Apolinário et al. (2015) encontraram árvores de ambas as espécies

com altura média de 5,9 m aos cinco anos de idade, sob as mesmas condições climáticas e de plantio deste experimento.

Segundo Araújo (2010), a Sabiá é uma planta xerófila, o que justifica sua maior adaptação ao clima e ecossistema da região em que o experimento foi inserido, o que ajuda a explicar os efeitos evidenciados acima.

Outra questão a ser observada é que a deposição de serrapilheira promove benefícios das condições físicas e químicas do solo (RHOADES et al., 1998), e pesquisa realizada por Apolinário et al. (2015) neste mesmo campo experimental, apontou maior deposição de serrapilheira pela sabiá (4540 kg ha^{-1}) com relação à gliricídia (4200 kg ha^{-1}). A maior parte da serrapilheira é composta por frações de folhas e ramos, que por sua vez, possuem menor relação C:N que as partes lenhosas e mais densas, constituindo assim uma serrapilheira de decomposição mais rápida (FREIRE et al., 2010).

Apesar de a serrapilheira da gliricídia ter uma maior taxa de decomposição em relação à de sabiá (APOLINÁRIO et al., 2015), Menezes et al. (2008) afirmam que a produção de folhas é igual à sua deposição na serrapilheira, e este estudo encontrou maior produção de biomassa foliar na espécie sabiá (Tabela 2.2), o que sugere maior deposição e acúmulo no solo, que podem ter contribuído para a melhoria das condições químicas e físicas do solo ao longo dos sete anos de desenvolvimento após o plantio, explicando seu maior desenvolvimento.

Outro motivo para o maior crescimento da sabiá pode ser devido ao seu sistema radicular. De acordo com Soares et al. (2012), o sistema radicular das plantas possui grande importância para o seu desenvolvimento, pois permite melhores condições de absorção de água e captura de nutrientes no solo, podendo atingir recursos mais profundos de acordo com sua estrutura arquitetônica (KOHN et al., 2016).

A sabiá possui um sistema radicular pivotante com bastante ramificações secundárias longas, finas e bem ramificadas. Suas raízes principais podem atingir 6 m de comprimento, enquanto que as ramificações secundárias se distribuem facilmente na camada de solo de 0 – 20 cm de profundidade (QUEIRÓS, 1985; AGUIAR SOBRINHO, 1995).

Essas características de enraizamento denso, longo e superficial, permitem a exploração de um grande volume de solo, possibilitando a absorção de água e nutrientes disponíveis nas camadas mais profundas até as mais superficiais. Esses atributos

proporcionam à sabiá uma excelente capacidade de desenvolvimento em regiões de solo com baixa fertilidade, baixo volume hídrico e clima seco (MENDES, 1989; FERREIRA et al., 2007), podendo ser responsável pelo seu maior crescimento nas condições do experimento.

Durante os sete anos de plantio até o momento do corte raso, alguns outros experimentos ocorreram na mesma área experimental. Durante esses experimentos anteriores, era observada herbivoria das folhas de gliricídia por animais que transitavam durante o pastejo para rebaixamento da gramínea, e até quebra de ramificações durante o trânsito dos animais entre os transectos de leguminosas. Tais comportamentos não eram percebidos no consórcio com sabiá, devido a seu maior teor de lignina nas folhas (SILVA et al., 2013) e sua maior quantidade de ramificações (Tabela 2.2) com acúleos, que impediam a passagem de animais e conseqüentemente a quebra de galhos e fustes.

As madeiras de sabiá apresentaram maiores valores de densidade para os dois diâmetros analisados ($\geq 2,55$ e $< 4,13$ cm – considerada galho e $\geq 4,14$ – considerada fuste) do que a da gliricídia (Tabela 2.3). Dentre as espécies, apenas a madeira de gliricídia apresentou diferença significativa para o diâmetro analisado, tendo a fração galho ($0,75 \pm 0,04$ g cm⁻³) demonstrado maior densidade do que a fração fuste ($0,66 \pm 0,04$ g cm⁻³) ($p < 0,0001$).

Apolinário et al. (2015) encontraram resultados semelhantes na densidade da madeira das duas espécies analisadas, sendo $0,97$ g cm⁻³ na base dos fustes de sabiá e $0,65$ g cm⁻³ na base dos fustes da gliricídia.

Tabela 2.3 Valores de densidade aparente e poder calorífico de madeiras de gliricídia e sabiá em diferentes diâmetros após sete anos de estabelecimento.

Espécie	Diâmetro da madeira (cm)	Densidade (g cm ⁻³)	Poder calorífico (kcal g ⁻¹)
Gliricídia	$\geq 2,55$ e $< 4,13$	0,75 B	4,09 D
Gliricídia	$\geq 4,14$	0,66 C	4,16 C
Sabiá	$\geq 2,55$ e $< 4,13$	0,94 A	4,20 B
Sabiá	$\geq 4,14$	0,99 A	4,32 A
E.P.		0,04	0,02

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Entretanto, os autores citados perceberam diminuição da densidade na sabiá, ao longo do sentido axial do fuste, comportamento não encontrado nessa pesquisa. Ribaski (2003) encontrou resultados de densidade que variaram de $0,80 \text{ g cm}^{-3}$ a $1,10 \text{ g cm}^{-3}$ no fuste da sabiá, enquanto Nascimento et al. (2017) obtiveram valor médio de $1,04 \text{ g cm}^{-3}$ na densidade da sabiá, onde confirmaram a excelente qualidade da madeira, assegurando seu uso na construção civil. A densidade da madeira de uma espécie arbórea pode apresentar variações de acordo com o fragmento analisado. Alencar et al. (2011) avaliaram a densidade do fuste de sabiá e encontraram valores de $0,89 \text{ g cm}^{-3}$ no cerne interno e de $1,05 \text{ g cm}^{-3}$ no alburno.

Findlay (1985) e Paes et al. (2001) constataram que organismos xilófagos tendem a viver por mais tempo dentro da região menos densa da madeira, provocando maior desgaste nesta região. Segundo Gonçalves et al. (2010), a resistência natural da madeira de sabiá ao ataque de cupins e outros organismos xilófagos está relacionada ao teor de cinzas e de extratos fenólicos. Os mesmos autores encontraram concentrações de 0,45% de cinzas e de 11% de taninos no cerne da madeira de sabiá aos sete anos de idade. Estas características da madeira explicam a durabilidade e a resistência da madeira de sabiá ao ataque de seres térmitas e às intempéries do clima.

Os resultados obtidos nas análises de poder calorífico que compararam as duas espécies arbóreas apontou efeito significativo entre as espécies e entre o diâmetro do fuste (Tabela 2.3). A qualidade da madeira de sabiá se mostrou superior em ambos os diâmetros analisados ($4,32 \pm 0,02 \text{ kcal g}^{-1}$ para fustes $\geq 4,14 \text{ cm}$ de diâmetro e $4,20 \pm 0,02 \text{ kcal g}^{-1}$ para galhos com diâmetro entre $\geq 2,55$ e $< 4,13 \text{ cm}$), com relação à de gliricídia ($4,16 \pm 0,02 \text{ kcal g}^{-1}$ para fustes $\geq 4,14 \text{ cm}$ e $4,09 \pm 0,02 \text{ kcal g}^{-1}$ para galhos $\geq 2,55$ e $< 4,13 \text{ cm}$) ($p < 0,0001$). Resultados semelhantes foram encontrados por Apolinário et al. (2015) que encontraram maior poder calorífico nos fustes mais grossos de sabiá ($4,17 \text{ kcal g}^{-1}$) em relação aos fustes mais finos ($4,11 \text{ kcal g}^{-1}$), e valores sem diferença estatística entre diâmetros nos fustes de gliricídia ($4,09 \text{ kcal g}^{-1}$).

Segundo Apolinário et al. (2015), os teores de umidade nos galhos de gliricídia (66%) chegam a atingir o dobro que os de sabiá (33%), entretanto a sabiá apresenta maior concentração de lignina que a gliricídia. Os valores de poder calorífico podem ser influenciados pela densidade, concentração de lignina, e teor de umidade encontrados na madeira (QUIRINO et al., 2005; SANTOS et al., 2011; COUTO et al., 2013), o que

explica a melhor qualidade apresentada pela sabiá para uso como energia combustível. Brito e Barrichelo (1977) já atestavam que madeiras com maiores teores de lignina apresentavam melhor rendimento e maior resistência a decomposição térmica, devido à sua estrutura mais complexa e ao fato de a lignina ser composta por cerca de 65% de carbono elementar.

Para produção de lenha (fustes com diâmetro $\geq 2,55$ cm e $< 4,13$ cm e 1 metro de comprimento) não foi observado efeito significativo entre as espécies avaliadas ($p=0,1190$). Após sete anos de cultivo, a espécie gliricídia produziu o equivalente a $104 \pm 1,1$ m³ ha⁻¹ de lenha enquanto que a sabiá produziu $89 \pm 1,1$ m³ ha⁻¹. O preço do metro cúbico de lenha na região foi orçado a R\$ 50,00, o que agregaria um valor de R\$ 5.200,00 ha⁻¹ para o consórcio com gliricídia e de R\$ 4.450,00 ha⁻¹ para o consórcio com sabiá. Entretanto, apesar da forte procura pela lenha proveniente da sabiá, a lenha da gliricídia foi desprezada por potenciais compradores devido à sua qualidade inferior como material combustível.

Para produção de estacas finas e grossas não foi observada diferença significativa entre as espécies ($p=0,1299$ e $p=0,2579$, respectivamente). As estacas finas (fustes com perímetro $\geq 4,14$ e $< 6,36$ cm e 2,20 m de comprimento) de gliricídia contabilizaram um montante de 1076 ± 39 unidades ha⁻¹, enquanto que as grossas (fustes com perímetro $\geq 6,37$ cm) totalizaram 1364 ± 54 unidades ha⁻¹. No entanto, as estacas de gliricídia também não despertaram interesse de compra pelos produtores da região. As estacas de sabiá totalizaram 1470 ± 39 unidades ha⁻¹ para classificação fuste fino e 1750 ± 54 unidades ha⁻¹ para classificação fuste grosso. O valor comercial desta estaca na região estava avaliado em R\$ 5,00 para fina e R\$ 7,00 para a grossa. Conforme esta estimativa, o incremento econômico de estacas de sabiá seria o equivalente a R\$ 19.600,00 ha⁻¹ aos 7 anos com a venda de estacas.

A Tabela 2.4 mostra a produção de madeira de toda área experimental e estima seu valor em Reais por hectare, evidenciando seu potencial de incremento de renda para o produtor.

Diante desses dados fica aberta a possibilidade de um estudo econômico mais detalhado acerca da viabilidade da introdução de um sistema silvipastoril com essas espécies visando a exploração da madeira concomitantemente com a pecuária.

Tabela 2.4 Produção de estacas e lenha de gliricídia e sabiá na área experimental total e valor agregado por hectare em R\$.

Espécie	Estaca fina (un/ha)	Estaca grossa (un/ha)	Lenha (m ³ /ha)	Valor estimado para 1 hectare (R\$)
Gliricídia	1076 A	1364 A	104 A	20.128,00
Sabiá	1470 A	1750 A	89 A	24.050,00
E.P.	39	54	1,1	

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).
Valor estimado: Lenha R\$ 50,00/m³; estaca fina R\$ 5,00/un; estaca grossa R\$ 7,00/un.

Composição química e digestibilidade da forragem

Os resultados obtidos nas avaliações da digestibilidade “*in vitro*” da matéria orgânica das folhas das leguminosas apresentaram maior digestibilidade nas folhas de gliricídia ($430 \pm 23,8 \text{ g kg}^{-1}$) em detrimento às de sabiá ($213 \pm 23,8 \text{ g kg}^{-1}$) ($p=0,0076$).

Assim como nesse trabalho, Pereira (2016) encontrou resultado de digestibilidade superior para folhas de gliricídia (592 g kg^{-1}) e inferior para sabiá (121 g kg^{-1}). Já Silva (2011) encontrou valores mais elevados do que os encontrados nesta pesquisa, para ambas espécies, sendo 692 g kg^{-1} para as folhas de gliricídia e 405 g kg^{-1} para as de sabiá.

A menor digestibilidade encontrada nas folhas de sabiá pode ser explicada pela maior concentração de lignina e de taninos condensados encontrada na sua composição química (NOZELLA, 2001; BÉELEN, 2002; SILVA et al., 2013; APOLINÁRIO et al., 2015). Tal afirmação também é confirmada por Silva et al. (2015) que retrata a lignina encontrada na planta como a principal causa da redução da digestibilidade das forragens.

Béelen et al. (2006) sugerem que a população microbiana do rúmen é afetada pelas elevadas concentrações de taninos condensados, causando inibição da atividade enzimática decorrente do surgimento de complexos tanino-enzima, que provocam perda da digestibilidade. Esta transformação enzimática pode levar ao surgimento e aumento de lignina, acarretando na limitação da ação da celulase sobre a celulose, promovendo a diminuição da digestibilidade (BRITO et al., 2003). De acordo com Chiquette et al. (1988), as bactérias ruminais penetram com maior facilidade nos tecidos que contém

teores mais baixos de taninos, tendo sua ação dificultada, ou mesmo inibida, quando os teores encontram-se elevados. Van Soest (1994) assegura que tanto os taninos como outros polifenóis tendem a resguardar a celulose e a proteína da degradação provocada pelas bactérias ruminais.

As análises de N, C e isótopos estáveis evidenciaram maiores valores de N e de $\delta^{15}\text{N}$ nas folhas de gliricídia em relação às de sabiá ($37,3 \pm 1,2 \text{ g kg}^{-1}$ e $2,93 \pm 0,29\%$, respectivamente) (Tabela 2.5). Os valores também demonstraram maior concentração de N e valores de $\delta^{15}\text{N}$ nas folhas em relação aos galhos para ambas espécies. Mensurações semelhantes foram encontradas por Apolinário et al. (2015), que também identificaram maiores concentrações de N na fração da folha de árvores de gliricídia e sabiá.

Tabela 2.5 Valores de $\delta^{15}\text{N}$ (‰), N (g kg^{-1}), $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e C (g kg^{-1}) nas frações folhas, fustes finos e fustes grossos de gliricídia e sabiá aos sete anos de estabelecimento.

Espécie	Folhas			
	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	N (g kg^{-1})	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C (g kg^{-1})
Gliricídia	2,93 A	37,3 A	-35,92 A	432 B
Sabiá	1,18 B	31,8 B	-37,41 A	462 A
PR>F	0,0253	0,0074	0,2110	<.0001
Espécie	Galhos			
	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	N (g kg^{-1})	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C (g kg^{-1})
Gliricídia	0,01 B	6,9 A	-34,63 A	453 B
Sabiá	1,44 A	3,4 B	-36,22 B	456 A
PR>F	0,0004	0,0011	0,0086	0,0353
Espécie	Fustes			
	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	N (g kg^{-1})	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C (g kg^{-1})
Gliricídia	-	-	-34,48 B	454 B
Sabiá	-	-	-36,29 A	460 A
PR>F	-	-	0,0086	0,0353

Valores seguidos de mesma letra na coluna e na mesma avaliação não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

A concentração de nitrogênio foliar depende de fatores como mineralização, nitrificação do N existente no solo, da relação C:N, da cultura e do ambiente. Ademais, o N é o principal fator constituinte de reações enzimáticas e do processo fotossintético

(PAN et al., 2004). Essas maiores concentrações de N nas folhas podem ser justificadas pelo fato delas possuírem elevadas concentrações de moléculas, como a clorofila, das quais os macronutrientes são constituintes e por serem responsáveis pela realização de intensas atividades enzimáticas nas quais nutrientes, como o nitrogênio, são fundamentais (KIRKBY e RÖMHELD, 2007).

A energia que a planta necessita para assimilar o nitrogênio deriva do processo fotossintético. Dessa forma, a capacidade de realizar fotossíntese depende diretamente do suprimento de nitrogênio contido na planta, que fica em grande parte alocado nas proteínas existentes nas folhas, envolvidas na fotossíntese, como a enzima Rubisco, existente nas plantas C₃ (EVANS, 1983; SEEMANN et al., 1987).

A mensuração de $\delta^{13}\text{C}$ não foi estatisticamente diferente entre as folhas das duas espécies ($-35,92 \pm 0,66\text{‰}$ para gliricídia e $-37,41 \pm 0,66\text{‰}$ para sabiá) ($p=0,2110$). Entretanto, esta diferença foi notada na concentração do C (Tabela 2.5).

As maiores concentrações de carbono encontradas em todas as frações, mas principalmente nos galhos e fustes da sabiá ($456 \pm 0,6 \text{ g kg}^{-1}$ e $460 \pm 2 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente) (Tabela 2.5), estão relacionadas à maior densidade de sua madeira (Tabela 2.3), pois segundo Collet (1955), a quantidade de C está relacionada à porcentagem de lignina encontrada na madeira, que por sua vez tende a ser maior na espécie sabiá, quando comparada à gliricídia (APOLINÁRIO et al., 2015).

A maior concentração de N nas folhas da gliricídia confirma a importância desta forrageira como fonte de proteína na dieta de animais. Por outro lado, as folhas não consumidas proporcionariam ainda uma alta taxa de retorno deste nutriente ao solo, via serrapilheira, que tenderia a ser rapidamente decomposta devido à sua baixa relação C/N (APOLINÁRIO et al., 2015).

De acordo com os valores encontrados para o $\delta^{15}\text{N}$, foi possível estimar o estoque do nitrogênio derivado da atmosfera (NDA) contido na biomassa das árvores oriundo da fixação biológica. Os resultados encontrados à época do corte raso das árvores atestam que a gliricídia apresentou estoque de $33 \text{ kg NDA ha}^{-1}$, enquanto que a sabiá chegou a valores de $84 \text{ kg NDA ha}^{-1}$ nas folhas e estoque de $20 \text{ kg NDA ha}^{-1}$ na fração lenhosa da gliricídia e $14 \text{ kg NDA ha}^{-1}$ na fração lenhosa da sabiá. A Tabela 2.6 apresenta os estoques totais de NDA na gliricídia ($53 \pm 10,8 \text{ kg NDA ha}^{-1}$), e na sabiá

($98 \pm 10,8$ kg NDA ha⁻¹), conjuntamente com os valores encontrados para N total na gliricídia ($102 \pm 4,7$ kg N ha⁻¹) e na sabiá ($128 \pm 4,7$ kg N ha⁻¹).

Tabela 2.6 Estoque de N oriundo da fixação biológica (NDA) e estoque de nitrogênio total nas árvores de gliricídia e sabiá no momento do corte raso.

Espécie	kg N ha ⁻¹	
	NDA	N Total
Gliricídia	53 A	102 B
Sabiá	98 A	128 A
E.P.	10,8	4,7

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Diversos autores encontraram valores de aporte de N fixado por leguminosas arbóreas que variam de 72 kg ha⁻¹ ano⁻¹ a 108 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (FREIRE et al., 2010; REIS et al., 2010; PIRHOFER-WALZL et al., 2012).

Apolinário et al. (2015) realizaram o corte das espécies arbóreas sabiá e gliricídia com 5 anos de cultivo e encontraram valores de 160 kg NDA ha⁻¹ nas folhas da sabiá e de 110 kg NDA ha⁻¹ nas folhas da gliricídia. A reduzida produção de biomassa foliar da gliricídia no momento do corte raso das árvores (Tabela 2.2) pode ser uma razão para o baixo teor de N encontrado na fração da biomassa durante esta avaliação.

CONCLUSÕES

A madeira da espécie sabiá apresentou melhores qualidades físicas, assegurando seu melhor emprego na produção de energia e no uso como estacas e mourões. Todavia, o maior valor nutritivo e melhor digestibilidade encontrados nas folhas da gliricídia atestam seu melhor uso como forragem na dieta de animais em detrimento às folhas de sabiá.

As avaliações realizadas nas árvores constataram que a produção de biomassa foliar influenciou no estoque de N atmosférico nas espécies gliricídia e sabiá, mesmo assim, a escolha da espécie arbórea a ser sugerida ao produtor no momento da

consorciação deve ser baseada no objetivo da produção, sendo recomendada a espécie sabiá quando se almeja comercialização de madeira e a espécie gliricídia quando o foco vem a ser o aumento da disponibilidade de forragem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR SOBRINHO, J. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) uma espécie florestal de uso múltiplo. *Floresta e Ambiente*, v. 2, n. 1, p. 125-125, 1995.

ALENCAR, F.H.H.; PAES, J.B.; BAKKE, O. A.; SOUZA, G. S. Resistência natural da madeira de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) a cupins subterrâneos. *Revista Caatinga*, v. 24, n. 1, p. 57-64, 2011.

ALMEIDA, R. G. e MEDEIROS, S. R. Emissões de gases efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G. *Sistemas agroflorestais: a agropecuária sustentável*. Brasília: Embrapa, p. 97-116, 2015.

APOLINÁRIO, V. X.O.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; LIRA, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, M. V. F.; SAMPAIO, E. V. S. B. and MUIR, J.P. Tree legumes provide marketable wood and add nitrogen in warm-climate silvopasture systems. *Agronomy Journal*, v. 107, p. 1915-1921, 2015.

ARAÚJO, M.S. Manejo de espécies florestais para produção de madeira, forragem e restauração de áreas degradadas. Natal: EMPARN, 62p., 2010.

ARAÚJO FILHO, J. A.; SILVA, N.L.; FRANÇA, F.M.C.; CAMPANHA, M.M. e SOUZA NETO, J.M. Sistema de Produção Agrossilvipastoril no Semiárido do Ceará. 2nd International Conference: Climate, Sustainability and Development in Semi-arid Regions, Fortaleza, 2010.

BÉELEN, P.M.G. Taninos condensados de leguminosas nativas do semi-árido nordestino. Jaboticabal, 71 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2002.

BÉELEN, P.M.G; BERCHIELLI, T.T.; BUDDINGTON, R. Efeito dos taninos condensados de forrageiras nativas do semi-árido nordestino sobre o crescimento e atividade celulolítica de *Ruminococcus flavefaciens* FD1. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 58, n. 5, p. 910-917, 2006.

BODDEY, R.M.; PEOPLES, M.B.; PALMER, B. and DART, P.J. Use of the ^{15}N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. Nutr. Cycl. Agroecosys. v. 57, p. 235-270, 2000.

BRITO, J.O. e BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal:I. Densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto IPEF n. 14, p. 9-20, 1977.

BRITO, C. J. F. A.; RODELLA, R. A. e DESCHAMPS, F.C. Perfil químico da parede celular e suas implicações na digestibilidade de *Brachiaria brizantha* e *Brachiaria humidicola*. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, p. 1835-1844, 2003.

CARVALHO, R. F. Desenvolvimento de algumas espécies florestais nativas e exóticas, plantadas na Estação Florestal de Experimentação de Saltinho, PE. Brasil Florestal, v. 9, n. 34, p. 51-56, 1978.

CHIQUETTE, J.; CHENG, K.J.; COSTERTON, J.W.; MILLIGAN, L.P. Effect of tannins on the digestibility of two isosynthetic strains of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) using “*in vitro*” and *in sacco* techniques. Canadian Journal of Animal Science, v. 68, p. 751-760, 1988.

COLLET, F. Estudo comparativo, em escala de laboratório, de diversas madeiras utilizadas na fabricação de carvão vegetal - Boletim da Associação Brasileira de Metais, v. 42 (12), p. 5-14, 1955.

COUTO, C.M.; PILOTTO, M.V.T.; GATTO, D.A. e BELTRAME, R. Estimativa do poder calorífico de madeiras de *Acacia measnsii* e *Eucalyptus grandis*. XX congresso de iniciação científica UFPel. Pelotas – RS, 2013.

CPRH. Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. Diagnóstico sócio ambiental do Litoral Norte de Pernambuco. Recife, 214p., 2003.

DIAS FILHO, M.B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental, v. 3, p. 190, 2007.

DIAS FILHO, M.B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. 4. ed. Rev. Atual. e Ampl. Belém, PA, 2011.

DUNGER, J.; PURTAUF, A.; ALLSPACH, J.; FRISCH, K. VIGTLANDER; WOLTERS, V. Landscape controls on diversity: a test using surface-dwelling soil macroinvertebrates of differing mobility. *Global Ecology and Biogeography*, v. 14, p. 213-221, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 312 p., 2006.

ESPERSCHUETZ, J.; BALAINE, N.; CLOUGH, T.; BULMAN, S.; DICKINSON, N.M.; HORSWELL, J.; ROBINSON, B.H. The potential of *L. scoparium*, *K. robusta* and *P. radiatatomitigate* N losses in silvopastoral systems. *Environmental Pollution*, v. 225, n. 1, p. 12-19, 2017.

EVANS, J.R. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.) *Plant Physiology*, v. 72, p. 297-302, 1983.

FERREIRA, R.L.C; LIRA JÚNIOR, M.A.; ROCHA, M.S.; SANTOS, M.V.F., LIRA, M.A. e BARRETO, L.P. Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em

serrapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* benth.) Revista Árvore, v. 31, n. 1, p. 7-12, 2007.

FINDLAY, W. P. K. The nature and durability of wood. In: FINDLAY, W. P. K. (Ed.). Preservation of timber in the tropics. Dordrecht: Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishes, p. 1-13, 1985.

FLORENTINO, L.A.; REZENDE, A.V.; MESQUITA, A.C.; LIMA, A.R.S.; MARQUES, D.J. e MIRANDA, J.M. Diversidade e potencial de utilização dos rizóbios isolados de nódulos de *Gliricidia sepium*. Rev. de Ciências Agrárias v. 37, n.3, 2014.

FREIRE, J.L.; DUBEUX, J.C.B.; LIRA, M.A.; FERREIRA, R.L.C.; SANTOS, M.V.F. and FREITAS, E.V. Litter deposition and chemical composition under a sabiá canopy. R. Bras. Zootec. v. 39, p. 1650-1668, 2010.

GARCIA, A.R.; MATOS, L.B.; LOURENÇO JÚNIOR, J. de B.; NAHÚM, B. de S.; ARAÚJO, C.V. de; SANTOS, A.X. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, p. 1409-1414, 2011.

GONÇALVES, C. A.; LELIS, R. C. C. e ABREU; H.S. Caracterização físico-química da madeira de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). Revista Caatinga, v. 23, n. 1, p. 54-62, 2010.

GURGEL, A. C. e LAURENZANA, R. D. Desafios e oportunidades da agricultura brasileira de baixo carbono. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G. (Orgs.). Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade. Brasília: Ipea, 2016.

IPA. Instituto Agrônomo de Pernambuco. Banco de dados agrometeorológicos. Recife: IPA, 100p., 1994.

IPA. Instituto Agrônomo de Pernambuco. Banco de dados agrometeorológicos. Recife: IPA, 2018.

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTE, A.C.; BURGOS, N. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco: descrição de perfis de solos e análises. Recife: DNPEA; Sudene, v.1 (Boletim Técnico, 26), 1972.

KIRKBY, E. A. e RÖMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: Funções, absorção e mobilidade. IPNI. Informações Agronômicas, n. 118, 2007.

KOHN, L.S.; CARDUCCI, C.E.; SILVA, K.C.R.; BARBOSA, J.S.; FUCKS, J.S. e BENEVENUTE, P.A.N. Development of linseed (*Linum usitatissimum* L.) roots in two years tillage in Inceptsol. Revista Scientia Agraria, vol. 17 n. 1, p. 36-41, 2016.

LEAL JÚNIOR, G.; SILVA, J. A.; CAMPELO, R. C. B. Proposta de manejo sustentado do “sabiá” (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). Crato: IBAMA/PNUD/BRA/033, 15p. (Boletim Técnico, 3), 1999.

MALAFAIA, G.C. et al. Rentabilidade da produção de carne bovina no Brasil e desafios para o seu crescimento. In: CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Sustentabilidade e sustentação da produção de alimentos no Brasil: o desafio da rentabilidade na produção. Brasília: CGEE, v. 2, 2014.

MARTINEZ, H.H.A. Producción de leña en la zona seca de Guatemala. Pp.77-89. In: Actas de los Simposios sobre Técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y Recuperación de sitios degradados por medio de la silvicultura intensiva. Actas ... Turrialba, CATIE, Costa Rica, 1985.

MENDES, B.V. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.): valiosa forrageira arbórea e produtora de madeira das caatingas. Mossoró: ESAM, 31p. il.(ESAM. Coleção Mossoroense Série B, 660), 1989.

MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. e SALCEDO, I.H. Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido. Ed. Universitária da UFPE. p. 291, 2008.

MICHENER, R. and LAJTHA, K. Stable isotopes in Ecology and Environmental Science. Oxford: Blackwell Publishing, 566p., 2007.

MOORE, J.E.; MOTT, G.O. Recovery of residual organic matter from “*in vitro*” digestion of forages. Journal of Dairy Science, v. 57, n. 10, p. 258-1259, 1974.

NASCIMENTO FILHO, M. B.; MAGALHÃES, J. G. R.; FERNANDES, J. C. Influência da altura de corte sobre a sobrevivência das touças de *Eucalyptus*. Silvicultura, n. 28, p. 389-390, 1983.

NASCIMENTO, M.F.; ALMEIDA, D.H.; ALMEIDA, T.H.; CHRISTOFORO, A.L. e LAHR, F.A.R. Physical and Mechanical Properties of Sabiá Wood (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). Current Journal of Applied Science and Technology CCAST, 25(4): 1-5, 2017.

NYOKA, B.I.; SIMONS, A.J.; AKINNIFESI, F.K. Genotype-environment interaction in *Gliricidia sepium*: Phenotypic stability of provenances for leaf biomass yield. Agriculture, Ecosystems & Environment [S.I.], v. 157, p. 87-93, 2012.

NOCK, H. P; RICHTER, H. G.; BURGER, L. M. Tecnologia da madeira. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais, Universidade Federal do Paraná, 216 p., 1975.

NOZELLA, E.F. Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PAES, J. B.; LIMA, C. R.; MORAIS, V. M. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a cupins subterrâneos, em ensaio de preferência alimentar. Brasil Florestal, Brasília, v. 20, n. 72, p. 59-69, 2001.

PAN, Y.; HOM, J.; JENKINS, J.; BIRDESEY, R. Importance of foliar nitrogen concentration to predict forest productivity in the mid-atlantic region. *Forest Science* v. 50 (3), p. 279-289, 2004.

PEREIRA, T.P. Determinação de tanino condensado em leguminosas forrageiras tropicais como indutor da fermentação ruminal e de sua ação anti-helmíntica, UFRRJ - Instituto de Zootecnia - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Tese, 2016.

PICADO, V.W. Comportamiento de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud en plantaciones por siembra directa en Guanacaste, Costa Rica. In: *Actas de los Simposios sobre Técnicas de producción de leña en fmcas pequeñas y Recuperación de sitios degradados por medio de la silvicultura intensiva. Actas ... Tunialba, CATIE, Costa Rica*, p. 191-198. 1985.

PIRHOFER-WALZL, K., J. RASMUSSEN, H. HØGH-JENSEN, J. ERIKSEN, K. SØEGAARD, and J. RASMUSSEN. Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi species grassland. *Plant Soil*. v. 350, p. 71-84, 2012.

QUEIRÓS, J.S. The Acarau Valley in Northeast Brazil: vegetation, soils and land use. Logan: Utah State University, Ph.D. Thesis, 1985.

QUIRINO, W.F.; VALE A.T.; ANDRADE, A.P.A.; ABREU, V.L.S. and AZEVEDO, A.C.S. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. *Revista da madeira*. v. 89, p. 100-106, 2005.

REDE FOMENTO ILPF. Integração Lavoura-Pecuária-floresta. 2016. Disponível em: <http://redeilpf.com.br/>. Acessado em 03 de outubro de 2018.

REIS JR, F.B., M.F. SIMON, E. GROSS, R.M. BODDEY, G.N. ELLIOTT, N.E. NETO, M.F LOUREIRO, L.P QUEIROZ, M.R. SCOTTI, W.M CHEN, A. NORE, M. C. RUBIO, S.M. FARIA, C. BONTEMPS, S.R. GOI, J.P.W. YOUNG, J.I. SPRENT, and E.K. JAMES. Nodulation and nitrogen fixation by *Mimosa* spp. in the Cerrado and Caatinga biomes of Brazil, *New Phytologist*. v. 186, p. 934-946, 2010.

RIBASKI, J.; LIMA, P.C.F.; OLIVEIRA, V.R. e DRUMOND, M.A. Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) Árvore de Múltiplo uso no Brasil. 1. Ed. Colombo, PR: EMBRAPA, 2003.

RHOADES, C.; ECKERT, G.; COLLEMAN, D. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: Implications for tropical montane. *Forest Restoration Ecology*, v. 6 p. 262-270, 1998.

SALIBA, E.O.S.; RODRIGUEZ, N.M.; MORAIS, S.A.L. and PILÓ-VELOSO, D. Lignins – isolation methods and chemical characterization. *Ciênc. Rural*. v. 31, p. 917-928, 2001.

SANTOS, R.C.; CARNEIRO, A.C.O.; CASTRO, A.F.M.; CASTRO, R.V.O.; BIANCHE, J.J.; SOUZA, M.M. and CARDOSO, M.T. Correlation of quality parameters of wood and charcoal of clones of eucalyptus. *Sci. For.* v. 39, p. 221-230, 2011.

SAS. System Analysis Statistical – SAS. The SAS System for Windows. Cary: SAS Institute; 2017.

SEEMANN, J.R.; SHARKEY, T.D.; WANG, J.L. and OSMOND, C.B. Environmental-effects on photosynthesis, nitrogen-use efficiency, and metabolite pool in leaves of sun and shade plants. *Plant Physiology*, v. 84 (3), p. 796-802, 1987.

SHEARER, G., and KOHL, D.H. N₂-fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. *Aust. J. Plant Physiology*, v. 13, p. 699-756, 1986.

SILVA, M.J.S. Composição química e digestibilidade do pasto e da forragem selecionada por caprinos na caatinga. UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns, Pós Graduação em Ciência Animal e Pastagem, Tese, 2011.

SILVA, J.A.R. da; ARAÚJO, A.A. de; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; SANTOS, N. F. A. S.; GARCIA, A.R.; NAHÚM, B. S. Conforto térmico de búfalas em sistema silvipastoril na Amazônia Oriental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 1364-1371, 2011.

SILVA, A. B.; LIRA JUNIOR, M. A.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. FIGUEIREDO, M. V. B.; VICENTIN, R. P. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* v. 37, n. 2, 2013.

SILVA, M.D.A; CARNEIRO, M.S.S.; PINTO, A.P. POMPEU, R.C.F.F.; SILVA, D.S.; COUTINHO, M.J.F. and D FONTENELE, R.M. Evaluation of the chemical composition of woody forage silages of the Brazilian semiarid. *Ciências Agrárias, Londrina*, v. 36, n. 1, p. 571-578, 2015.

SILVA, M.G. Crescimento, produção e distribuição de biomassa de espécies florestais em resposta ao método de cultivo. Dissertação. UFRN, Ciências Agrárias, 2017.

SOARES, A. C. F.; SOUSA, C. S.; GARRIDO, M. D. S.; LIMA, F. D. S. Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e nutrição de mudas de jenipapeiro. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, p. 47-54, 2012.

SOLLENBERGER, L.E.; DUBEUX JR., J.C.B.; SANTOS, H.Q.; MATHEWS, B.W. Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. In A.M.V. Batista et al. (ed.) *Proc. Brazilian Soc. Animal Sci.*, Recife, Brazil, p. 151-179. 2002.

SOLORIO, F.J.; BASU, S.K.; SARABIA, L.; AYALA, A.; RAMÍREZ, L.; AGUILAR, C.; ERALES, J.A.; KU, J.C.; WRIGHT, J. The potencial of silvopastoral systems for milk and meat organic production in the tropics. *Organic Farming for Sustainable Agriculture*, v. 9, n. 1, p. 169-183, 2016.

SUASSUNA, J. Contribuição para o cálculo de volume do sabiazeiro (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2003. Disponível em <http://www.fundaj.gov.br>. Acessado em 05 de dezembro de 2018.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of ruminant. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VIEIRA FILHO, J.E.R. Expansão pecuária no Brasil e proposição metodológica de cálculo da produtividade em termos de sustentabilidade ambiental. Rio de Janeiro: ABDE Editorial, p. 227-258, 2017.

VIEIRA FILHO, J.E.R. e FISHLOW, A. Agricultura e indústria no Brasil: inovação e competitividade. Brasília: Ipea, 2017.

VITAL, B. R. Métodos de determinação da densidade da madeira. Viçosa, MG: SIF, 21p., 1984.

CAPÍTULO III

Acúmulo de forragem de *Brachiaria decumbens* sob efeito de sol pleno e sombreamento sob a copa de leguminosas arbóreas em sistema silvipastoril

Acúmulo de forragem de *Brachiaria decumbens* sob efeito de sol pleno e sombreamento sob a copa de leguminosas arbóreas em sistema silvipastoril

RESUMO

Sistemas silvipastoris apresentam-se como opção sustentável do uso da terra, pois promovem aumento na eficiência do uso de recursos naturais por meio da diversificação da estrutura e função da vegetação. Todavia, o sombreamento das espécies arbóreas sobre a vegetação herbácea pode afetar a produção e a qualidade de forrageiras consorciadas e conseqüentemente o desempenho animal. Objetivou-se avaliar a rebrota e desenvolvimento de leguminosas arbóreas e o acúmulo da massa de forragem de braquiária submetida ao sombreamento das árvores, bem como a composição química e a digestibilidade das folhas. Foi avaliado o acúmulo de forragem de *Brachiaria decumbens* Stapf. em consorciação com as leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud e *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. As avaliações foram realizadas através do corte da forragem em um quadrado de 0,25 m², em ciclos de 56 dias, durante 11 ciclos de avaliação, ao longo de dois anos. Avaliou-se ainda aspectos endométricos da rebrota da biomassa das espécies arbóreas em intervalos de 120 dias. Foram analisadas a digestibilidade, concentrações de C e N, e isótopos estáveis ($\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$) nas folhas da gramínea e das leguminosas. Foi observado maior acúmulo de forragem no tratamento submetido a sol pleno (3.193 kg ha⁻¹ 56 dias⁻¹) em detrimento ao que sofreu exposição excessiva à sombra (1.502 kg ha⁻¹ 56 dias⁻¹) (p=0.0006). A digestibilidade das folhas da braquiária diferiu apenas no ciclo 6 (503 g kg⁻¹ no sol e 355 g kg⁻¹ na sombra (p=0,0027). Na consorciação com a sabiá a concentração de N nas folhas da braquiária foi mais variável ao longo das avaliações. As medidas endométricas da rebrota das árvores não apresentou diferença para peso total das folhas (p=0,8603) e peso dos fustes grossos (p=0,6157). Para as demais medidas, a gliricídia apresentou estagnação no desenvolvimento ao final do período avaliativo, enquanto que a sabiá apresentava maior desenvolvimento. A digestibilidade “*in vitro*” das folhas jovens da gliricídia apresentou maior digestibilidade (504 g kg⁻¹) em detrimento à sabiá (315 g kg⁻¹) (p<0,0001). A concentração de N foi superior nas folhas (p=0,0007), fustes finos (p=0,0050) e fustes grossos (p=0,0333) da gliricídia durante todo o período avaliado quando comparado

com as mesmas frações da sabiá. A escassez hídrica durante os intervalos de avaliação influenciaram a composição química da braquiária. O espaçamento adotado neste experimento para as espécies arbóreas interferiu de forma negativa na massa de forragem da braquiária e esse comportamento foi similar entre espécies arbóreas.

“Palavras-chave”: arbóreas, luminosidade, produção, massa de forragem, rebrota.

***Brachiaria decumbens* herbage accumulation under full sun or under canopy shading of tree legumes in silvopastoral system**

ABSTRACT

Silvopasture systems are a sustainable land use option. They enhance the use efficiency of natural resources by diversifying vegetation structure and function. However, shading from trees may affect the production and quality of herbaceous forages and, consequently, the animal performance. The objective of this research was to evaluate regrowth and development of tree legumes as well as productivity and nutritive value of signalgrass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) subjected to shading from tree legumes. Signalgrass herbage accumulation was evaluated in consortium with the tree legumes gliricidia [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud] and sabia (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). Evaluations were performed every 56 d by cutting the forage in a square of 0.25 m² and lasted for two years. Trees were also evaluated every 120 d to assess morphological responses. Response variables also included “*in vitro*” organic matter digestibility (IVOMD), concentrations of C and N, and stable isotopes ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) in the grass and legume leaves. It was observed greater herbage accumulation in the treatments submitted to full sun (3,193 kg ha⁻¹ 56 d⁻¹) in detriment to the one that underwent excessive shade exposure (1,502 kg ha⁻¹ 56 d⁻¹) (p=0.0006). Signalgrass leaf digestibility differed only in cycle 6 (503 g kg⁻¹ in the sun vs. 355 g kg⁻¹ in the shade (p=0.0027). In the consortium with sabia, signalgrass leaf N concentration was more variable throughout the evaluations. Morphometric measurements of tree regrowth did not show differences for total leaf weight (p=0.8603) and weight of thick stalks

($p=0.6157$). For the other measurements, gliricidia presented stagnation in the development at the end of the evaluation period, while sabia had a greater development. Gliricidia leaf IVOMD was greater (504 g kg^{-1}) than sabia leaf IVOMD (315 g kg^{-1}) ($p<0.0001$). Nitrogen concentration was greater in leaves ($p=0.0007$), fine stalks ($p=0.0050$), and thick stalks ($p=0.0333$) of gliricidia throughout the evaluated period when compared to the same fractions of the sabia. Water scarcity during the evaluation period influenced the chemical composition of signalgrass. Tree spacing adopted in this experiment interfered negatively in the signalgrass herbage accumulation, and this behavior was similar among tree species.

“Key words”: luminosity, forage mass, regrowth, trees, yield.

INTRODUÇÃO

O uso de sistemas silvipastoris vem se consolidando como uma alternativa viável de renovação e conservação de ambientes de ecossistemas degradados. Dentre suas principais vantagens destacam-se a melhoria da fertilidade do solo, bem como incremento de suas propriedades físicas, como a capacidade de infiltração de água (PACIULLO et al., 2014; LIMA et al., 2018). Outras benesses atribuídas ao sistema de consorciação de pastagens com espécies arbóreas consistem no aumento da oferta e valor nutricional da forragem, o surgimento de um microclima favorável ao aparecimento de microfauna decompositora de dejetos na pastagem e promoção de conforto térmico aos animais (OLIVO et al., 2009; SOLORIO et al., 2016; CHAVES et al., 2017; ESPERSCHUETZ et al., 2017).

A competição entre as espécies a serem consorciadas, no entanto, é um dos principais aspectos a serem observados. Além da competição pelos nutrientes e pela umidade disponível no solo (GÓMEZ et al., 2013; LIMA et al., 2018), o sombreamento exercido pelas espécies arbóreas sobre as gramíneas pode afetar substancialmente a quantidade e a qualidade da forragem produzida (ABRAHAM et al., 2014).

Espécies de gramíneas tolerantes ao sombreamento apresentam adaptações morfofisiológicas que lhes garantem maior capacidade de produção e de manutenção do

valor nutritivo quando submetidas a condições de pouca incidência solar (VERAS et al., 2010; ABRAHAM et al., 2014). Esta capacidade de adaptação permite reestruturações na arquitetura da planta como menor razão entre a raiz e a parte aérea e aumento do tamanho das folhas, como forma de capturar de forma mais eficiente a luminosidade restrita (POORTER 1999; WALTERS e REICH 2000; FRANCO et al., 2007). Além disso, transformações de ordem anatômicas podem ser percebidas em plantas com alguma tolerância a baixa luminosidade, como diminuição da fotossíntese, decréscimo do teor de clorofila e redução da espessura foliar (BOARDMAN, 1977; NOBEL, 1977.).

A composição química e a digestibilidade da gramínea estão intrinsicamente ligadas às condições edafoclimáticas em que a forrageira se desenvolve, que, em conjunto com a disponibilidade de agentes químicos e físicos do solo, irão resultar no valor nutritivo da forragem (MISHRA et al., 2010; PACIULLO et al., 2014). No caso de consorciação com espécies leguminosas arbóreas, há ainda o incremento de nitrogênio no solo, advindo da fixação biológica. Contudo, de acordo com Pandey et al. (2011) e Gómez et al. (2013), a redução na radiação solar em gramíneas não adaptadas ao sombreamento podem interferir na capacidade dessas plantas utilizarem de forma eficiente o N fixado.

A hipótese desta pesquisa foi de que a consorciação de leguminosas arbóreas em sistemas silvipastoris varia com a espécie de leguminosa arbórea testada, afetando a capacidade de rebrote e desenvolvimento das espécies arbóreas após submetidas ao corte raso para exploração de madeira. Além disso, o sombreamento exercido pelas árvores pode influenciar de forma diferenciada o acúmulo de forragem e valor nutritivo de gramíneas forrageiras. Assim, o objetivo desta pesquisa foi mensurar o acúmulo de forragem e o valor nutritivo de folhas de *Brachiaria decumbens* crescendo sob a sombra ou sol, utilizando duas leguminosas arbóreas, bem como avaliar a rebrota das espécies arbóreas gliricídia e sabiá em sistema silvipastoril.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), localizado no município de Itambé, Pernambuco. A Estação fica localizada na microrregião geográfica da Zona da Mata Norte de Pernambuco, sendo georeferenciada pelas coordenadas S 7°23' e W 35°10', e situando-se a 189 m de altitude acima do nível do mar. O índice pluviométrico histórico deste município é de 1.300 mm por ano, com temperatura anual média de 25°C (CPRH, 2003). O tipo climático é subúmido e o relevo considerado levemente ondulado. Os solos da região da pesquisa são classificados como argissolo vermelho-amarelo Tb distrófico, com horizonte A proeminente com textura médio argilosa, fase floresta tropical subcaducifólia e relevo suave ondulado (Jacomine et al., 1972; IPA, 1994; Embrapa, 2006). Na Tabela 3.1 é apresentada a composição química do solo na área onde foi realizado o experimento.

Tabela 3.1 Caracterização química do solo da área experimental.

	pH	P	Na	K	Mg	Ca	Al	H+AL	MO
Profundidade	(água – 1:2,5)	(mg/dm ³)				mmolc/dm ³			g kg ⁻¹
0 - 20 cm	5,5	2,2	1,4	1,3	20	27	2,7	61,7	44,2

O experimento foi realizado em uma área composta por 4 parcelas principais para cada espécie de leguminosa arbórea, sendo cada parcela principal subdivididas em 2 subparcelas formadas pela presença ou ausência de corte do componente arbóreo. Cada parcela principal era individualmente cercada e possuía área de 660 m² (33 m x 20 m) (Figura 3.1). As subparcelas mediam 33 m x 10 m (330 m²) (Figura 3.1). Os tratamentos dos sistemas silvipastoris eram compostos por: 1) *Brachiaria decumbens* Stapf. em consórcio com *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud; 2) *Brachiaria decumbens* Stapf. em consórcio com *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. As leguminosas foram estabelecidas em 2008, tendo sido plantadas em fileiras duplas com espaçamento de 10 m x 1,0 m x 0,5 m com três fileiras duplas por parcela.

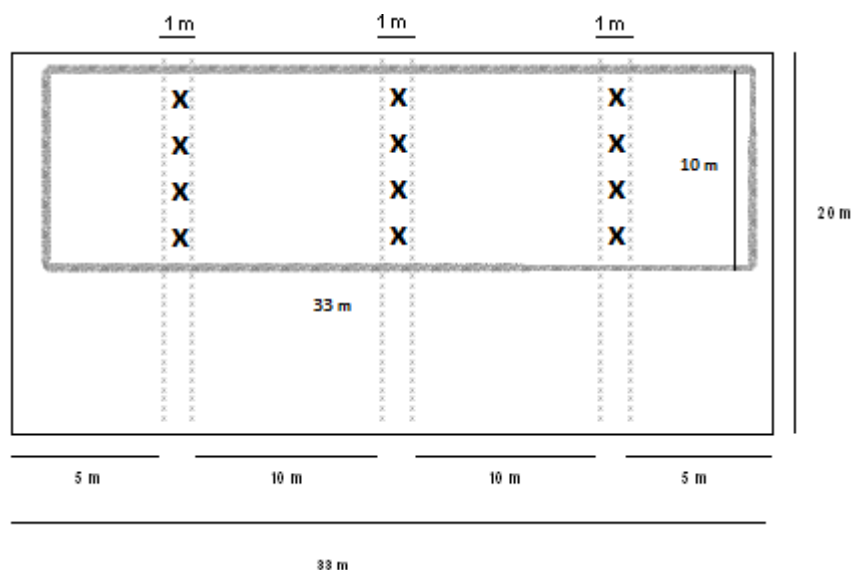


Figura 3.1 Representação de parcela de 660 m² e da subparcela de 330 m² criada após corte raso das leguminosas arbóreas em consórcio com *Brachiaria decumbens* Stapf.

A precipitação pluviométrica acumulada desde o início do experimento foi de 643 mm de junho a dezembro de 2015, 816 mm durante o ano de 2016 e 523 mm de janeiro a junho de 2017. Os acumulados durante os anos do experimento foram abaixo do índice pluviométrico histórico do município, que é de 1.300 mm ano⁻¹ (CPRH, 2003). A precipitação pluviométrica mensal do período de avaliações da massa de forragem e das avaliações morfológicas da rebrota das leguminosas está exposto na Figura 3.2.

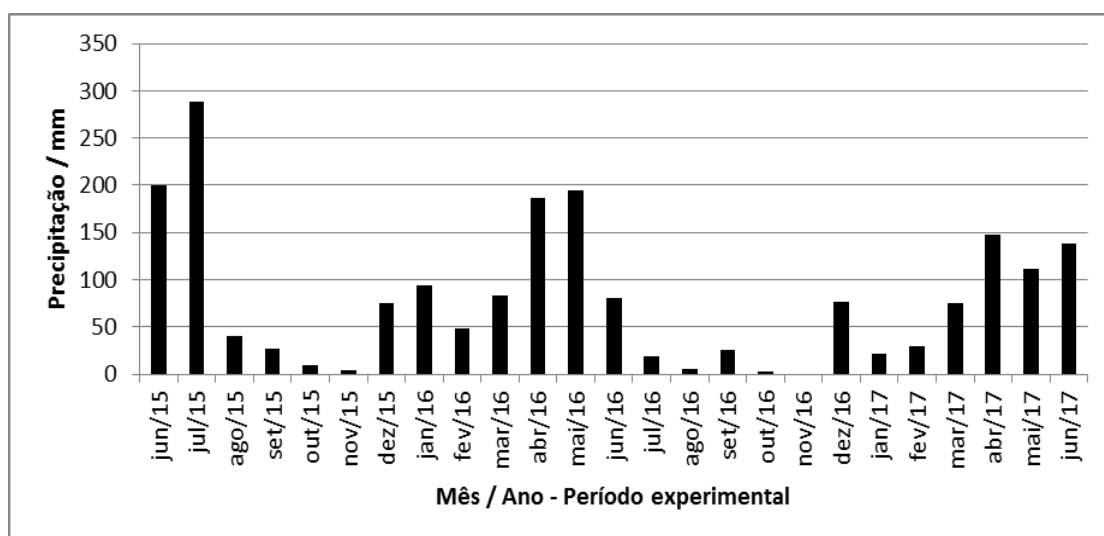


Figura 3.2 Precipitação pluviométrica da área experimental durante os dois anos de avaliação do acúmulo de forragem e da rebrota das leguminosas. Fonte: IPA, 2018.

Em 30 de Julho de 2015 foi realizado de forma aleatória, após sorteio de casualização, o corte raso (a 10 cm de altura do nível do solo) de metade das árvores de cada parcela, caracterizando assim as 4 subparcelas formadas pela presença ou ausência de corte do componente arbóreo (Figura 3.1).

Após o corte raso de metade das árvores das parcelas foi realizada uma avaliação do percentual de sombreamento nas áreas com árvores remanescentes através do Accupar, LP-80, Decagon Devices, Pullman, USA. Foram feitas medições a 2,5 m da fila das leguminosas e outra na parte central (5 m) entre as filas das leguminosas. Os resultados apresentados correspondem à média das avaliações, que foram de 61% de sombreamento nas parcelas consorciadas com sabiá e 69% de sombreamento na consorciação com gliricídia.

Em seguida foram iniciadas as avaliações de desenvolvimento da *Brachiaria decumbens* Stapf. nas áreas submetidas ao sombreamento e nas áreas onde houve corte das árvores, onde a interceptação luminosa era mais intensa. Para isso o acúmulo de forragem da gramínea durante os períodos de avaliação foi mensurado com uso do disco de alumínio, seguindo metodologia de Castle (1976). A gramínea também foi submetida a avaliação através do corte da forragem em uma área de 0,25 m², em ciclos de 56 dias, durante 11 ciclos de avaliação, ao longo de dois anos. Após o corte, as amostras foram secas em estufa a 55° por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey, onde foram posteriormente avaliadas quanto à digestibilidade “*in vitro*” da matéria orgânica por meio de metodologia proposta por Moore e Mott (1974).

Amostras de folhas da braquiária foram moídas e acondicionadas em eppendors, sendo enviadas ao Laboratório de Forragem da Universidade da Flórida - Centro de Pesquisa e Educação do Norte da Flórida (NFREC), localizado em Marianna, Flórida, onde foram submetidas a análises de isótopos estáveis. Para realização destas análises, todas as amostras foram moídas utilizando um moinho de bola MM400 (Retsch, Newton, PA, EUA) a 25 Hz durante 9 minutos para obter o tamanho de partículas abaixo de 100 µm, de acordo com protocolo de Michener e Lajtha (2007). As amostras foram analisadas para C e N totais usando um analisador CHNS através do método de combustão a seco Dumas (Vario Micro Cube; Elementar, Hanau, Alemanha) acoplado a um espectrômetro de massa de razão isotópica (IsoPrime 100, IsoPrime, Manchester, UK) para analisar $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. As razões isotópicas ($R = {}^{13}\text{C} / {}^{12}\text{C}$) da amostra vegetal

(*Rsample*) e do padrão (*Rstandard*) tiveram os valores de R convertidos para $\delta^{13}\text{C}$ (‰) usando a equação: $\delta^{13}\text{C} = (R_{\text{sample}} / R_{\text{standard}} - 1) \times 1000\text{‰}$.

O rebaixamento da gramínea foi realizado por meio do método “mob grazing”, com a entrada de vacas 5/8 holandês x zebu com peso vivo entre 400 a 450 kg após cada avaliação, onde permaneciam nos piquetes por 24 horas, deixando uma altura de resíduo de 10 cm.

Também foi avaliada a biomassa do componente arbóreo através da rebrota das plantas submetidas ao corte raso. Foi considerado biomassa todo material produzido acima da altura de colheita das árvores (10 cm). Foram medidas a altura da árvore, diâmetro da base (DAB), diâmetro intermediário (DI) (altura entre a DAB e a DAP), diâmetro à altura do peito (DAP) (a 1,30 m do solo), peso total das folhas (PTF), peso total dos fustes finos (PFF) (diâmetro < 1,59 cm) e peso total dos fustes grossos (PFG) (diâmetro \geq 1,60 cm). Essas medições foram realizadas a cada 120 dias.

Após coletadas, as amostras das folhas das espécies arbóreas foram pesadas e levadas a estufa a 55°C por 72 horas, moídas em moinho tipo Willey em peneira de malha de 1 mm e analisadas quanto à digestibilidade “*in vitro*” da matéria orgânica por meio de metodologia proposta por Moore e Mott (1974).

Amostras de folhas, fustes finos e fustes grossos também foram moídas e acondicionadas em eppendors, sendo em seguida, enviadas ao Laboratório de Forragem da Universidade da Flórida - Centro de Pesquisa e Educação do Norte da Flórida (NFREC), localizado em Marianna, Flórida, onde foram realizadas análises de isótopos estáveis. Para realização destas análises, as amostras foram moídas em moinho de bola MM400 (Retsch, Newton, PA, EUA) a 25 Hz durante 9 minutos para obtenção de um tamanho de partículas abaixo de 100 μm , seguindo protocolo de Michener e Lajtha (2007). As amostras foram analisadas para C e N totais usando o analisador CHNS através do método de combustão a seco Dumas (Vario Micro Cube; Elementar, Hanau, Alemanha) acoplado a um espectrômetro de massa de razão isotópica (IsoPrime 100, IsoPrime, Manchester, UK) para analisar $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{15}\text{N}$. As razões isotópicas ($R = {}^{13}\text{C} / {}^{12}\text{C}$) da amostra vegetal (*Rsample*) e do padrão (*Rstandard*) tiveram os valores de R convertidos para $\delta^{13}\text{C}$ (‰) usando a equação: $\delta^{13}\text{C} = (R_{\text{sample}} / R_{\text{standard}} - 1) \times 1000\text{‰}$. Os valores encontrados para os isótopos estáveis foram expressos em unidades

de “delta” (δ), que corresponde ao desvio por mil (‰) da abundância de ^{15}N da amostra com relação ao padrão.

Foram recolhidas amostras das espécies cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) e jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), plantas não fixadoras de nitrogênio, localizadas próximas à área do experimento (plantas referências), que também foram enviadas para serem analisadas e apresentaram valores médios de 5,04‰ de ^{15}N nas folhas e 6,34 ‰ de ^{15}N nos fustes.

Para análise estatística do acúmulo de forragem, os dados foram analisados como parcelas sub-sub-divididas com medida repetida no tempo, onde o componente arbóreo foi considerado como parcela principal, a intensidade de sombreamento como subparcela e o período de avaliação sendo a medida repetida no tempo. Para a mensuração do componente arbóreo foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com medidas repetidas no tempo. Foi utilizado o Proc Mixed do Pacote Computacional SAS (SAS, 2017) e médias foram comparadas com o pdiff ajustado para Tukey, com nível de probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Acúmulo de forragem da gramínea

A avaliação do acúmulo de forragem apresentou diferença estatística, onde o tratamento sob sol pleno apresentou maior acúmulo de forragem ($3.193 \pm 122 \text{ kg ha}^{-1} 56 \text{ d}^{-1}$) em detrimento àquela sob a sombra produzida pelas árvores ($1.502 \pm 122 \text{ kg ha}^{-1} 56 \text{ d}^{-1}$) ($p=0.0006$). O espaçamento entre as fileiras de leguminosas (10 metros entre fileiras duplas) adotado na implantação do experimento se mostrou insuficiente para evitar o sombreamento demasiado sobre as faixas de braquiária.

A redução da luminosidade incidente nas pastagens em sistemas silvipastoris pode afetar aspectos endométricos e fisiológicos determinantes para a produtividade e qualidade das gramíneas forrageiras, variando tanto da tolerância da espécie em questão, como do nível de sombreamento a que ela está submetido (VERAS et al., 2010; ABRAHAM et al., 2014).

De acordo com Schreiner (1987), espécies de *Brachiaria* possuem moderada tolerância ao sombreamento, sendo intolerante ao sombreamento excessivo, levando a perda considerável na produção de matéria seca. Para Paciullo et al. (2007), o nível de sombreamento afeta a densidade populacional da *Brachiaria decumbens*, gerando aumento no número de perfilhos em condição de sol pleno e diminuindo o perfilhamento sob efeito de menor intensidade de luz.

Resultados semelhantes foram relatados por Lopes et al. (2017) que apontaram diferenças entre o acúmulo de forragem de *Brachiaria decumbens* produzida sob sol pleno e sob efeito de sombreamento, encontrando valores de 3.148 kg ha⁻¹ e 1.275 kg ha⁻¹, respectivamente. Em outro trabalho, Silva et al. (2016) encontraram produtividade de *Panicum maximum* cv. Tamani de 6.700 kg ha⁻¹ sob sol pleno e de 4.500 kg ha⁻¹ sob sombreamento, e produtividade de 10.000 kg ha⁻¹ sob sol e de 2.900 kg ha⁻¹ sob efeito de sombra para a cultivar *Braquiária brizantha* cv. Paiaguás. Nessa pesquisa, observa-se a maior tolerância ao sombreamento do gênero *Panicum* em relação ao *Brachiaria*.

Foi observada interação entre o tratamento e os ciclos de avaliação para o acúmulo de forragem ($p < 0,0001$) (Tabela 3.2). Tanto no tratamento sob efeito de sombra, quanto no tratamento sob sol, o crescimento da gramínea se mostrou relacionado à pluviosidade ocorrida na área (Figura 3.2), apresentando maiores produções durante o período das chuvas e redução da produtividade durante o período de estiagem.

Algumas gramíneas tropicais conseguem manter e até aumentar a produção de biomassa, sob condições moderadas de sombreamento (DIAS FILHO, 2000; GÓMEZ et al., 2013).

Essa afirmação é corroborada por Abraham et al. (2014), que afirmam que o crescimento de gramíneas forrageiras pode ser favorecido pelo sombreamento na ocorrência de déficit hídrico, devido à redução da evapotranspiração e conservação da umidade do solo. Contudo, este efeito não foi observado neste experimento. Uma possível razão pode ter sido a competição das árvores com a gramínea em busca de nutrientes e água retida no solo. A maior dimensão do sistema radicular das espécies arbóreas proporcionou vantagens em relação ao sistema radicular mais reduzido das gramíneas.

Tabela 3.2 Valores do acúmulo de forragem de *Brachiaria decumbens* submetidas a sol pleno e sombreamento de espécies leguminosas, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.

Ciclo / Tratamento	kg MS ha ⁻¹ 56 d ⁻¹		Índice pluviométrico entre avaliações / mm
	Sol	Sombra	
1	2739 bc A	1518 bc A	36,5
2	3069 bc A	2590 ab A	78
3	5973 a A	4031 a B	143
4	3635 bc A	1452 bc B	269
5	3685 bc A	1672 b B	275
6	5428 ab A	1721 b B	24,8
7	3971 b A	1160 bc B	27
8	1386 c A	159 c A	77
9	1573 c A	280 bc A	51
10	1413 c A	742 bc A	223
11	2255 c A	1193 bc A	250
E.P.	303	303	

Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Estudo realizado por Lima et al. (2018) encontrou menores valores de umidade do solo em pontos de coletas mais próximos a fileiras de leguminosas e maior teor de umidade a medida que os pontos se distanciavam das árvores, o que corrobora a hipótese da vantagem das espécies arbóreas na competição por água com a gramínea.

Os valores encontrados para DIVMO nas folhas de *Brachiaria decumbens* não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos, com exceção do ciclo 6, onde o tratamento sob sol obteve $503 \pm 33 \text{ g kg}^{-1}$ enquanto que o sombreado teve $355 \pm 33 \text{ g kg}^{-1}$ ($p=0,0027$). Ao observar o índice pluviométrico referente aos ciclos avaliados (Figura 3.2) pode-se perceber que este foi o período de menor índice de chuvas, e que este fenômeno pode implicar no decréscimo da qualidade da forragem.

Períodos de estiagem aceleram o estágio de senescência, o que segundo Oliveira et al. (2015) ocasionam lignificação dos tecidos da planta causando a diminuição do valor nutritivo da forragem. Como observado na Tabela 3.2, a partir do ciclo 6, a produção de forragem no tratamento sombreado começa a cair de forma vertiginosa, muito provavelmente, em decorrência do fim do período chuvoso em associação com a

competição por água e nutrientes com as espécies arbóreas. Na Tabela 3.3 é evidenciada a interação da DIVMO entre tratamento e período avaliativo ($p=0,0408$), onde pode-se observar o mesmo comportamento no ciclo 6 para as duas situações propostas.

Tabela 3.3 Valores da DIVMO em folhas de *Brachiaria decumbens* sob sol pleno e sombreamento, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.

Ciclo/Tratamento	DIVMO (g kg ⁻¹)		Índice pluviométrico entre avaliações (mm)
	Sol	Sombra	
1	445 b A	416 b A	36,5
2	259 c A	248 c A	78
3	456 ab A	476 ab A	143
4	401 b A	389 b A	269
5	390 b A	372 b A	275
6	503 ab A	355 bc B	24,8
7	482 ab A	473 ab A	27
10	566 a A	556 a A	223
11	541 ab A	541 a A	250
E.P.	23	23	

Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Os resultados das análises de $\delta^{15}\text{N}$ (‰) e N (g kg⁻¹) nas folhas de *Brachiaria decumbens* apresentaram interação entre as espécies em que estavam consorciadas e os ciclos ($3,22 \pm 0,4$ ‰ para braquiária consorciada com gliricídia e $4,19 \pm 0,4$ ‰ para braquiária consorciada com sabiá ($p=0,0023$) e $12,6 \pm 1,0$ g kg⁻¹ para braquiária consorciada com gliricídia e $13,4 \pm 1,0$ g kg⁻¹ para braquiária consorciada com sabiá ($p < 0,0001$), respectivamente). Pode-se observar que os resultados da concentração de N nas folhas da gramínea tendeu a diminuir na consorciação com gliricídia a partir do ciclo 7 (Tabela 3.4), mantendo-se assim até o ciclo 11, muito provavelmente devido ao estresse hídrico ocorrido na área a partir desse período.

Na consorciação com a sabiá, a concentração de N se mostrou mais variável ao longo de todo período avaliativo. Isso também pode ser explicado pelo fato da gliricídia ter apresentado maior concentração de N em suas folhas ao longo do experimento com

as rebrotas (Tabela 3.9), tendo possivelmente contribuído de forma mais efetiva no retorno desse nutriente ao solo.

Tabela 3.4 Valores da $\delta^{15}\text{N}$ (‰) e N (g kg^{-1}) em folhas de *Brachiaria decumbens* em consorciação com as leguminosas gliricídia e sabiá, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.

Ciclo / Tratamento	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)		N (g kg^{-1})	
	<i>B.</i> <i>decumbens-</i> Gliricídia	<i>B.</i> <i>decumbens-</i> Sabiá	<i>B.</i> <i>decumbens-</i> Gliricídia	<i>B.</i> <i>decumbens-</i> Sabiá
1	3,01 b A	3,06 b A	15,5 a A	13,6 ab A
2	2,93 b A	3,08 b A	8,2 b A	7,6 b A
3	3,46 ab A	4,97 ab A	15,0 ab A	15,0 ab A
4	2,97 b A	3,46 b A	14,8 ab A	12,6 b A
5	2,39 b A	3,98 b A	15,8 a A	15,9 ab A
6	4,01 ab A	4,10 b A	12,8 ab A	15,3 ab A
7	3,38 ab A	4,02 b A	10,6 b A	8,7 b A
10	4,94 a A	6,23 a A	10,3 b B	17,5 a A
11	1,90 b B	4,82 ab A	10,7 b A	14,8 ab A
E.P.	0,4	0,4	1,0	1,0

Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de uma mesma variável de resposta, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e C (g kg^{-1}) nas folhas da *Brachiaria decumbens* também apresentaram efeito estatístico na interação entre espécie consorciada e ciclo, com valores de $20,04 \pm 0,65\%$ para braquiária consorciada com gliricídia e $21,09 \pm 0,65\%$ para braquiária consorciada com sabiá e $431 \pm 21 \text{ g kg}^{-1}$ e $443 \pm 21 \text{ g kg}^{-1}$ ($p < 0,0001$), respectivamente. Os teores de C (g kg^{-1}), no entanto, só apresentaram variação nos ciclos 10 e 11 (Tabela 3.5), onde se iniciou o período das águas, após um intervalo sem chuvas. Observa-se que as folhas da braquiária consorciada com sabiá responderam mais rápido à volta das chuvas, sendo seguidas pela gliricídia apenas no ciclo seguinte.

Houve interação entre tratamento e ciclos para as folhas de *Brachiaria decumbens* submetidas a sol pleno e sombreamento, onde foram encontradas médias de $3,62 \pm 0,22 \%$ a pleno sol e $3,80 \pm 0,22 \%$ na área sombreada na análise de ^{15}N ($p < 0,0001$). Nas análises de N foram encontrados valores de $12,3 \pm 0,4 \text{ g kg}^{-1}$ a pleno sol e $13,7 \pm 0,4 \text{ g kg}^{-1}$ a sombra ($p < 0,0001$).

Tabela 3.5 Valores de $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e C (g kg^{-1}) em folhas de *Brachiaria decumbens* em consorciação com as leguminosas gliricídia e sabiá, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.

Ciclo / Tratamento	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		C (g kg^{-1})	
	<i>B. decumbens</i> -Gliricídia	<i>B. decumbens</i> -Sabiá	<i>B. decumbens</i> -Gliricídia	<i>B. decumbens</i> -Sabiá
1	-16,69 a A	-16,90 a A	425 b A	429 b A
2	-17,40 ab A	-18,31 ab A	430 b A	435 b A
3	-17,80 ab A	-18,16 ab A	416 b A	415 b A
4	-18,89 ab A	-19,23 ab A	424 b A	416 b A
5	-20,25 b A	-19,75 ab A	426 b A	415 b A
6	-20,12 ab A	-20,28 b A	420 b A	416 b A
7	-21,10 b A	-20,11 ab A	418 b A	367 b A
10	-19,58 ab A	-34,17 c B	292 c B	674 a A
11	-28,57 c B	-22,92 b A	625 a A	430 b A
E.P.	0,65	0,65	21	21

Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha dentro de uma mesma variável de resposta não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Houve diferença estatística apenas entre os tratamentos no ciclo 7 para a variável ^{15}N , e no ciclo 10 para a variável N, que apresentou maior concentração dentro da área sombreada, após um intenso período de estiagem (Tabela 3.6). A proteção contra luminosidade oferecida pelas árvores parece ter favorecido a gramínea e contribuído para o aumento do valor nutritivo, apesar de reduzir o acúmulo de forragem (Tabela 3.2).

Carvalho et al. (2002) avaliaram seis diferentes espécies de gramíneas submetidas a sol pleno e ao sombreamento arbóreo da leguminosa *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan, e obtiveram maiores valores de N nas folhas das seis gramíneas nos tratamentos sombreados.

Evans (1989) afirma que a concentração dos compostos nitrogenados nas folhas das plantas sofrem alterações de acordo com a disponibilidade de nitrogênio. Enquanto crescem em ambientes com alta intensidade de luz, o balanço de nitrogênio na clorofila tende a constituir cerca de 15 a 20% do total de N na folha, entretanto, quando submetidas a ambientes sombreados essa concentração tende a subir juntamente com o aumento da clorofila, chegando a cerca de 60%.

Tabela 3.6 Valores de $\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$, N (g kg^{-1}) em folhas de *Brachiaria decumbens* submetidas a sol pleno e sombreamento, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.

Ciclo / Tratamento	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$		N (g kg^{-1})	
	Sol	Sombra	Sol	Sombra
1	3,33 a A	2,74 b A	15,5 a A	13,6 ab A
2	3,55 a A	2,46 b A	8,2 b A	7,6 b A
3	4,38 a A	4,05 b A	15,0 ab A	15,0 ab A
4	3,12 a A	3,31 b A	14,8 ab A	12,6 b A
5	3,79 a A	2,58 b A	15,8 a A	15,9 ab A
6	4,02 a A	4,08 b A	12,8 ab A	15,3 ab A
7	2,49 a B	4,91 ab A	10,6 b A	8,7 b A
10	4,55 a A	6,62 a A	10,3 b B	17,5 a A
11	3,41 a A	3,30 b A	10,7 b A	14,8 ab A
E.P.	0,2	0,2	0,4	0,4

Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de uma mesma variável de resposta, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Embora a menor quantidade de folhas da *Brachiaria*, em decorrência da menor produção de matéria seca, possa ter resultado em maior concentração de N nas folhas, alguns trabalhos mais antigos asseguram a correlação entre o aumento simultâneo no crescimento e na concentração de N em plantas submetidas a sombreamento (WONG e WILSON, 1980; SAMARAKOON et al., 1990). É interessante destacar que, embora a concentração de nutrientes nas plantas forrageiras possa ser influenciado pelo grau de sombreamento a que ela está submetido (KOUKOURA et al., 2009), a falta de variação do N sob os tratamentos sob sol e sombra em todos os ciclos avaliados (com exceção do ciclo 10) (Tabela 3.6) indicam que o grau de desenvolvimento das árvores ainda não estava influenciando de forma negativa no grau de privação de incidência luminosa sobre a gramínea. Esse efeito pode ter ocorrido a partir do ciclo 11, último período de avaliação da altura das árvores, onde houve variação na análise de C (Tabela 3.7).

As análises estatísticas mostraram que houve interação entre os tratamentos sob sol e sombra e os ciclos de avaliação para a concentração de C nas folhas de *Brachiaria*, com valores médios de $433 \pm 8 \text{ g kg}^{-1}$ a pleno sol e $440 \pm 8 \text{ g kg}^{-1}$ na sombra ($p=0,0005$). As concentrações se mantiveram estatisticamente similares durante todos os

ciclos entre os tratamentos, com exceção do ciclo 11, onde o tratamento sombreado apresentou maior valor de C (Tabela 3.7). Contudo, houve maior variação dentro dos tratamentos para o que estava submetido a pleno sol.

Tabela 3.7 Valores de C (g kg^{-1}) em folhas de *Brachiaria decumbens* submetidas a sol pleno e sombreamento, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.

Ciclo / Tratamento	C (g kg^{-1})	
	Sol	Sombra
1	421 b A	423 b A
2	433 ab A	431 b A
3	416 b A	415 b A
4	430 ab A	410 b A
5	416 b A	425 b A
6	414 b A	422 b A
7	365 b A	419 b A
10	533 a A	434 b A
11	471 ab B	585 a A
E.P.	8	8

Valores seguidos de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada variável de resposta, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Segundo Senevirathna et al. (2003) e Lima Júnior et al. (2005), plantas costumam se adaptar ao ambiente sombreado expandindo a lâmina foliar como forma de interceptar maior incidência solar, fazendo com que ocorra o aumento do carbono em sua área foliar.

Lopes et al. (2017) não encontraram diferença na massa de folhas de *Brachiaria decumbens* impostas a sombreamento e sol pleno, e justificou o fato à expansão da área foliar devido ao aumento da concentração de carbono nas folhas, tendo como consequência diminuição da espessura foliar. Segundo Guenni et al. (2008) esse acontecimento se dá devido a uma mudança no modelo de alocação de nutrientes na biomassa da planta, que passa a priorizar o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular.

O provável aumento da cobertura do dossel das árvores no ciclo 11 pode ter iniciado a adaptação da folha da braquiária, ocorrendo expansão do tecido foliar e consequentemente elevação do teor de carbono (Tabela 3.7).

Rebrota de leguminosas arbóreas

As medidas endométricas referentes às rebrotas das leguminosas arbóreas submetidas ao corte raso apresentaram interação entre a espécie e o período de avaliação (Tabela 3.8). Para todas as medidas avaliadas, apenas peso total das folhas ($1,14 \pm 0,12$ kg árvore⁻¹ para gliricídia e $1,17 \pm 0,12$ kg árvore⁻¹ para sabiá; $p=0,8603$) e peso de fustes grossos ($5,96 \pm 0,65$ kg árvore⁻¹ para gliricídia e $5,44 \pm 0,65$ kg árvore⁻¹ para sabiá ($p=0,6157$)) não apresentaram diferença estatística. Nas demais mensurações o crescimento da gliricídia se mostrou sempre igual ou superior ao da sabiá.

Tabela 3.8 Medidas endométricas de rebrota de leguminosas gliricídia e sabiá submetidas ao corte raso, avaliadas em intervalos de 120 dias.

Espécie	Ciclo					
	1	2	3	4	5	6
	Altura (m)					
Gliricídia	1,1 d A	2,9 c A	3,8 b A	5,1 ab A	5,5 ab A	5,7 a A
Sabiá	1,0 d A	1,9 c B	3,6 b A	4,1 b B	4,6 b B	5,4 a A
Pr>F	0,8066	0,0630	0,6443	0,0126	0,0198	0,3906
	DAB (cm)					
Gliricídia	0,4 d A	2,0 c B	3,0 b A	4,1 a A	4,4 a A	4,5 a A
Sabiá	0,4 d A	1,0 c B	2,4 b B	2,8 b B	3,3 a B	3,8 a B
Pr>F	1,000	<,0001	0,0264	<,0001	<,0001	0,0054
	DI (cm)					
Gliricídia	0,3 d A	1,6 c A	2,6 b A	3,8 ab A	3,9 ab A	4,1 a A
Sabiá	0,3 c A	0,8 c B	2,1 b B	2,5 b B	3,0 ab B	3,4 a B
Pr>F	0,8128	<,0001	0,0134	<,0001	<,0001	0,0018
	DAP (cm)					
Gliricídia	0,2 d A	1,3 c A	2,4 b A	3,5 a A	3,7 a A	3,8 a A
Sabiá	0,2 c A	0,5 c B	1,9 b B	2,3 b B	2,8 ab B	3,1 a B
Pr>F	0,9688	0,0004	0,0417	<,0001	0,0002	0,0014
	PFF (kg)					
Gliricídia	0,3 c A	2,5 bc A	3,6 b A	13,5 a A	6,1 b A	2,6 b A
Sabiá	0,2b A	0,7 b A	2,6 ab A	6,1 a B	6,8 a A	3,1 ab A
Pr>F	0,9417	0,2290	0,4802	<,0001	0,6308	0,7612

Valores seguidos de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada variável de resposta, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). DAB (diâmetro da base); DI (diâmetro média); DAP (diâmetro à altura do peito); PCF (peso dos fustes finos).

Linhares et al. (2014) realizaram experimentação com folhas e fustes de gliricídia e sabiá como adubação verde. Os resultados das análises indicaram os seguintes valores na gliricídia: C (430 g kg^{-1}); N ($23,1 \text{ g kg}^{-1}$); P ($0,9 \text{ g kg}^{-1}$); K ($6,5 \text{ g kg}^{-1}$); Ca ($22,8 \text{ g kg}^{-1}$); Mg ($2,4 \text{ g kg}^{-1}$) e relação C/N (19,0). Para a sabiá os valores foram: C (420 g kg^{-1}); N ($15,1 \text{ g kg}^{-1}$); P ($2,4 \text{ g kg}^{-1}$); K ($12,8 \text{ g kg}^{-1}$); Ca ($9,4 \text{ g kg}^{-1}$); Mg ($3,8 \text{ g kg}^{-1}$) e relação C/N (28,0).

O maior desenvolvimento da gliricídia pode ter ocorrido devido à melhor qualidade da serrapilheira gerada pela própria espécie, lhe garantindo retorno de nutrientes via ciclagem. Neste sentido, Costa et al. (2004) analisaram a composição química da serrapilheira de espécies leguminosas e encontraram concentrações de N (20 g kg^{-1}); P ($0,96 \text{ g kg}^{-1}$); K ($3,6 \text{ g kg}^{-1}$); Ca ($19,1 \text{ g kg}^{-1}$) e Mg ($7,6 \text{ g kg}^{-1}$) no material oriundo da gliricídia e concentrações de N ($14,9 \text{ g kg}^{-1}$); P ($0,56 \text{ g kg}^{-1}$); K ($2,9 \text{ g kg}^{-1}$); Ca ($17,2 \text{ g kg}^{-1}$) e Mg ($3,2 \text{ g kg}^{-1}$) na serrapilheira proveniente da sabiá. O mesmo trabalho identificou também teores de polifenóis quatro vezes maiores na sabiá ($41,2 \text{ g kg}^{-1}$) do que o encontrado na gliricídia (13 g kg^{-1}). Muito embora a sabiá tenha maior deposição de serrapilheira do que a gliricídia (APOLINÁRIO et al., 2015) sua maior concentração de compostos fenólicos podem afetar na disponibilização de nutrientes ao solo.

Compostos fenólicos estão relacionados com a velocidade de decomposição de serrapilheira, e quando atingem concentrações acima de 40 g kg^{-1} , como pode ser o caso da sabiá (que possui concentrações elevadas de taninos), podem ser capazes de limitar a decomposição e complexar com algumas formas de N tornando-as indisponíveis (TIAN et al., 1992; CONSTANTINIDES e FOWNES, 1994 e PALM et al., 2001).

As duas espécies de leguminosas, no entanto, exibiram comportamento semelhante até a quarta avaliação (480 dias após o corte raso). Após esse período, a espécie gliricídia parece estagnar em relação ao desenvolvimento de altura, diâmetro da base, diâmetro intermediário e diâmetro à altura do peito, enquanto que a sabiá continuou com valores crescentes de desenvolvimento para essas mensurações.

Um fator positivo observado neste trabalho foi que a taxa de rebrota das plantas cortadas chegou a 100%.

Muito embora a rebrota após o corte seja uma característica de espécies florestais, a excelente taxa de rebrota observada nesta pesquisa pode se dever ao fato de

que a capacidade de simbiose das bactérias fixadoras de nitrogênio em associação com os fungos micorrízicos arbusculares contribuem para a absorção de água e de nutrientes existentes no solo, devido ao aumento da superfície de absorção proporcionado pelas hifas fúngicas (ZHAO et al., 2015). Essa hipótese é corroborada por Souza et al. (2011), que asseguram ainda que as hifas fúngicas são mais eficientes do que as próprias raízes na captura e no deslocamento de nutrientes de baixa mobilidade, como o fósforo, do solo até o sistema radicular das plantas.

No tocante às avaliações de peso dos fustes finos, observa-se na Tabela 3.8 que os valores máximos foram obtidos no quarto ciclo avaliativo para gliricídia e no quarto e quinto ciclos para sabiá, onde os valores começam a decrescer, havendo a transformação de fustes finos para fustes grossos de acordo com a classificação proposta neste trabalho.

Os resultados da digestibilidade “*in vitro*” das folhas jovens das leguminosas não apresentaram efeito estatístico entre os diferentes períodos em que foram coletados ($p=0,4579$), contudo, a espécie gliricídia apresentou melhores valores de digestibilidade ($504 \pm 60 \text{ g kg}^{-1}$) em detrimento à sabiá ($315 \pm 60 \text{ g kg}^{-1}$) ($p<0,0001$). Estes resultados se mostraram melhores do que os encontrados nesse trabalho para as folhas das plantas adultas da mesma espécie, que apresentaram 430 g kg^{-1} para gliricídia e 213 g kg^{-1} para sabiá (Capítulo 2).

Conforme observado no Capítulo 2, as folhas de sabiá tendem a ter maior concentração de lignina e de taninos condensados em suas folhas, o que é apontado por Béelen et al. (2006) e Silva et al. (2015) como o principal motivo da perda de digestibilidade das plantas forrageiras. Solorio-Sanchez et al. (2000) encontraram teores de digestibilidade de 740 g kg^{-1} em folhas de *Gliricidia sepium* com apenas 8 meses de idade e atestaram esse valor ao baixo grau de lignificação da planta devido a sua pouca idade. Segundo Gama et al. (2009), a digestibilidade da forragem é afetada pelo estágio de crescimento da espécie. À medida que ocorre a maturação das folhas ocorre o espessamento e aumento da lignificação da parede celular, ocasionando perda da digestibilidade.

A mensuração das concentrações de N nas folhas da rebrota das leguminosas não apresentou interação entre as espécies e os ciclos de avaliação ($p=0,6402$), diferentemente das medições de C ($428 \pm 3 \text{ g kg}^{-1}$ para gliricídia e $452 \pm 3 \text{ g kg}^{-1}$ para

sabiá; $p=0,0168$) e isótopos estáveis de ^{15}N ($5,4 \pm 0,7$ ‰ para gliricídia e $3,5 \pm 0,7$ ‰ para sabiá; $p=0,0002$) e ^{13}C ($-33,85 \pm 0,5$ ‰ para gliricídia e $-37,14 \pm 0,5$ ‰ para sabiá; $p=0,0009$). No entanto, entre as espécies, foi encontrado maior concentração de N na gliricídia ($4,05 \pm 0,4$ g kg⁻¹) em todos os estágios de crescimento da planta em detrimento à sabiá ($3,17 \pm 0,4$ g kg⁻¹; $p=0,0007$) (Tabela 3.9), o que ajuda a explicar o maior valor nutricional desta espécie em detrimento à sabiá.

A avaliação do $\delta^{15}\text{N}$ não apresentou diferença estatística entre as duas espécies ($p=0,0548$), porém foi observada variação na gliricídia entre os períodos de avaliação, enquanto que a sabiá permaneceu estável durante toda a fase experimental. Isto pode-se dever à maior aptidão da sabiá para manter-se durante os períodos de estiagem, fazendo com que essa espécie não oscile quanto à sua capacidade fisiológica nos períodos de estresse hídrico.

Tabela 3.9 Valores da $\delta^{15}\text{N}$ (‰), N (g kg⁻¹), $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e C (g kg⁻¹) na rebrota de folhas de gliricídia e sabiá ao longo de diferentes ciclos de avaliação.

Espécie/Ciclo	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)					
	1	2	3	4	5	6
Gliricídia	1,13 c A	7,32 ab A	4,37 b A	9,06 a A	4,62 b A	5,66 b A
Sabiá	1,66 a A	4,64 a A	2,97 a A	3,24 a A	4,39 a A	3,95 a A
PR>F	0,0548	0,0548	0,0548	0,0548	0,0548	0,0548
Espécie/Ciclo	N (g kg ⁻¹)					
	1	2	3	4	5	6
Gliricídia	40,0 A	42,4 A	43,6 A	38,2 A	41,7 A	36,9 A
Sabiá	28,9 B	35,8 B	34,1 B	28,0 B	31,5 B	31,8 B
PR>F	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
Espécie/Ciclo	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)					
	1	2	3	4	5	6
Gliricídia	-34,43 ab B	-34,14 ab B	-34,28 ab B	-31,43 b B	-32,34 b B	-36,50 a B
Sabiá	-36,56 ab A	-37,05 ab A	-38,38 a A	-38,41 a A	-34,36 b A	-36,50 a A
PR>F	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
Espécie/Ciclo	C (g kg ⁻¹)					
	1	2	3	4	5	6
Gliricídia	442 a B	408 b B	418 b B	42,4ab B	436 ab B	443 a B
Sabiá	449 b A	436 b A	450 b A	439 b A	464 ab A	471 a A
PR>F	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020

Valores seguidos de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de uma mesma variável de resposta, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ e teor de C encontrado nas duas espécies aumentaram ao longo dos ciclos. De acordo com Park e Epstein (1961) isso se deve pelo fato de que o aumento do ^{13}C e do C é relacionado não só às diferentes vias fotossintéticas das plantas, mas também pelo aumento de moléculas recalcitrantes, como a lignina, que tende a aumentar à medida que as plantas evoluem em seu estágio vegetativo. A lignina chega a ser composta por cerca de 65% de carbono elementar (BRITO e BARRICHELO, 1977). De acordo com Solorio-Sanchez et al. (2000) a concentração de lignina na planta tende a aumentar junto com seu estágio vegetativo, acarretando com isso, no acréscimo de carbono (COLLET, 1955). Esta afirmação ajuda a explicar o fato da sabiá ter tido valores de $\delta^{13}\text{C}$ e C estatisticamente maiores que a gliricídia em todos os períodos avaliativos, pois seu teor de lignina é mais elevado, como confirma pesquisa realizada por Apolinário et al. (2015), que encontrou teores de 181 a 273 g kg⁻¹ para sabiá e 137 a 269 g kg⁻¹ para gliricídia.

Foi observada interação ($p < 0,01$) entre as espécies e os ciclos avaliativos para as variáveis ^{15}N , N e ^{13}C nas observações de rebrota de fustes finos das leguminosas. Os valores correspondem a $5,03 \pm 0,73 \text{ ‰}$ para gliricídia e $2,11 \pm 0,73 \text{ ‰}$ para sabiá ($p=0,0007$) na variável ^{15}N ; $14,5 \pm 1,4 \text{ g kg}^{-1}$ para gliricídia e $7,6 \pm 1,4 \text{ g kg}^{-1}$ para sabiá ($p=0,0026$) na variável N e $-33,58 \pm 0,39 \text{ ‰}$ para gliricídia e $-35,88 \pm 0,39 \text{ ‰}$ para sabiá ($p=0,0105$) na variável ^{13}C (Tabela 3.10). As análises de C (g kg⁻¹) encontraram efeito estatístico apenas para espécie ($p=0,0092$).

Houve maior concentração de N para gliricídia em todos os períodos observados, assim como houve menor variação deste nutriente na gliricídia ao longo dos tempos avaliados (Tabela 3.10). O teor de C mostrou comportamento inverso, evidenciando maiores valores na sabiá ao longo dos 6 ciclos, o que pode ser novamente justificado pelo seu maior teor de lignina, que está intrinsecamente ligada às características da madeira

Tabela 3.10 Valores da $\delta^{15}\text{N}$ (‰), N (g kg^{-1}), $\delta^{13}\text{C}$ (‰) e C (g kg^{-1}) na rebrota de fustes finos de gliricídia e sabiá, ao longo de diferentes ciclos de avaliação.

Espécie/Ciclo	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)					
	1	2	3	4	5	6
Gliricídia	0,46 b B	7,51 a A	5,63 ab A	6,77 a A	6,90 a A	2,94 b A
Sabiá	1,00 a A	2,83 a B	2,15 a B	2,16 a B	1,86 a B	2,65 a B
PR>F	0,0094	0,0094	0,0094	0,0094	0,0094	0,0094
Espécie/Ciclo	N (g kg^{-1})					
	1	2	3	4	5	6
Gliricídia	19,6 a A	13,0 ab A	9,2 b A	15,3 ab A	16,4 a A	13,4 ab A
Sabiá	10,3 ab B	12,9 a B	4,4 b B	8,4 ab B	4,3 b B	5,5 b B
PR>F	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
Espécie/Ciclo	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)					
	1	2	3	4	5	6
Gliricídia	-34,49 bc A	-33,61 bc A	-32,49 b A	-35,75 c A	-35,04 c A	-30,10 a A
Sabiá	-36,69 b B	-36,06 b B	-36,77 b B	-36,49 b B	-35,73 b B	-32,51 a B
PR>F	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
Espécie/Ciclo	C (g kg^{-1})					
	1	2	3	4	5	6
Gliricídia	421 B	421 B	430 B	440 B	441 B	440 B
Sabiá	437 A	439 A	445 A	445 A	462 A	454 A
PR>F	0,0092	0,0092	0,0092	0,0092	0,0092	0,0092

Valores seguidos de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de uma mesma variável de resposta, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Os fustes grossos apresentaram diferença estatística entre as espécies, nas avaliações de N ($p < 0,03$), ^{13}C ($p < 0,01$) e C ($p < 0,02$). Para as concentrações dos nutrientes N (g kg^{-1}) e C (g kg^{-1}) foram encontradas características semelhantes às análises dos fustes finos, com maiores valores de N para gliricídia e de C para sabiá.

Tabela 3.11 Valores da N (%), $\delta^{13}\text{C}$ e C (g kg^{-1}) na rebrota de fustes grossos de gliricídia e sabiá.

Espécie	N (g kg^{-1})	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	C (g kg^{-1})
Gliricídia	10,8 A	-30,95 A	440 B
Sabiá	5,8 B	-32,56 B	454 A
E.P.	0,8	0,2	0,3

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Em pesquisa realizada por Schneider et al. (2005) foram encontradas concentrações de C semelhantes nos fustes de espécies leguminosas, não observando diferenças com relação a idade das árvores, assim como os dados apresentados na Tabela 3.10. Já Urbano (2008), estudando o fuste de espécies adultas da leguminosa *Mimosa scabrella* encontrou concentrações de C de 437 g kg⁻¹, valor aproximado ao encontrado nas duas espécies na Tabela 3.11. A maior concentração de C encontrado na espécie sabiá se dá pelo fato da mesma apresentar maior densidade em relação à gliricídia (Capítulo 2, Tabela 2.3), pois espécies com grande densidade tendem a ter maior teor de C fixado na biomassa.

CONCLUSÕES

O sombreamento exercido pelo espaçamento de 10 metros entre as fileiras adotado neste experimento para as espécies arbóreas reduziu o acúmulo de forragem da braquiária, sendo recomendado um espaçamento menos denso, a fim de se evitar problemas com sombreamento intenso sobre a gramínea consorciada. Entretanto, nem o sombreamento, nem a espécie leguminosa a qual estava associada (gliricídia ou sabiá) influenciaram o valor nutritivo ou a digestibilidade da gramínea.

Recomenda-se um estudo detalhado acerca dos efeitos do sistema radicular das espécies sabiá e gliricídia, com o propósito de investigar possíveis influências de suas raízes por competição por água, nutrientes ou até mesmo efeitos alelopáticos na produção das gramíneas consorciadas.

A ocorrência de déficit hídrico em alguns períodos do experimento pode ter influenciado a digestibilidade, assim como a concentração de N nas folhas da *Brachiaria decumbens*, mesmo assim as análises das concentrações de ¹⁵N, N e C nas folhas da *Brachiaria decumbens* apresentaram poucas flutuações ao longo do período experimental dentro dos tratamentos sob sol pleno e sombreamento, entretanto pôde-se observar maiores concentrações de N em todas as frações da gliricídia o que lhes assegurou maior valor nutritivo e melhor digestibilidade em relação à sabiá. O desenvolvimento de altura e diâmetro das leguminosas arbóreas pareceu estagnar na espécie gliricídia, mas manteve-se crescente na sabiá, ao fim do período de avaliações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAM, E.M.; KYRIAZOPOULOS, A.P.; PARISSI, Z.M. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. *Agrof. Syst.*, v. 88, p. 287-299, 2014.

APOLINÁRIO, V. X.O.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; LIRA, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, M. V. F.; SAMPAIO, E. V. S. B. e MUIR, J.P. Tree legumes provide marketable wood and add nitrogen in warm-climate silvopasture systems. *Agronomy Journal*, v. 107, p. 1915-1921, 2015.

BOARDMAN, N.K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology*, v. 28, p. 355-77, 1977.

CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P. e XAVIER, D.F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. *Pesq. agropec. bras.*, v. 37 no. 5 Brasília, 2002.

CASTLE, M.E. A simple disc instrument for estimating herbage yield. *Journal of the British Grassland Society*, v. 31, p. 37-40, 1976.

CHAVES, E. B.; DA SILVA, M. G.; LANDIM, A. A.; BITENCOURT, N. D. F. C.; LONDERO, P.; CARVALHO, A. C. Emissões dos gases de efeito estufa do sistema produtivo do arroz alagado. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 8, n. 2, 2017.

CPRH. Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. Diagnóstico sócio ambiental do Litoral Norte de Pernambuco. Recife, 214p., 2003.

CONSTANTINIDES, M and FOWNES, J.H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biochem.*, v. 26, p. 49-55, 1994.

DIAS FILHO, M.B. Growth and biomass allocation of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. Pesquisa Agropecuária. Bras., v. 35, n. 12, p. 2335-2341, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 312p. 2006.

ESPERSCHUETZ, J.; BALAINE, N.; CLOUGH, T.; BULMAN, S.; DICKINSON, N.M.; HORSWELL, J.; ROBINSON, B.H. The potential of *L. scoparium*, *K. robusta* and *P. radiatatum* to mitigate N losses in silvopastoral systems. Environmental Pollution, v. 225, n. 1, p. 12-19, 2017.

EVANS, J.R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C₃ plants. Oecologia, v. 78, p. 9-19, 1989.

FRANCO, A.M.S. e DILLENBURG, L.R. Ajustes morfológicos e fisiológicos em plantas jovens de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em resposta ao sombreamento. Hoehnea v. 34(2), p. 135-144, 2007.

GAMA, T.C.M.; ZAGO, V.C.P.; NICODEMO, M.L.F.; LAURA, V.A.; VOLPE, E. e MORAIS, M.G. Chemical composition, “*in vitro*” digestibility and production of woody forage legumes cultivated in sandy soils. Rev. Bras. Saúde Prod. An., v. 10, n. 3, p. 560-572, 2009.

GUENNI, O.; SEITER, S. and FIGUEROA, R. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. Trop. Grassl., v. 42, p. 75-87, 2008.

GÓMEZ, S.; GUENNI, O.; BRAVO DE GUENNI, L. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Brachiaria decumbens* Stapf. Grass and Forage Sci., v. 68, p. 395-407, 2013.

IPA. Instituto Agronômico de Pernambuco. Banco de dados agrometeorológicos. Recife: IPA, 100p., 1994.

IPA. Instituto Agronômico de Pernambuco. Banco de dados agrometeorológicos. Recife: IPA, 2018.

JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTE, A.C.; BURGOS, N. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco: descrição de perfis de solos e análises. Recife: DNPEA; Sudene, v.1, 1972.

KOUKOURA, Z. A.; KYRIAZOPOULOS, P. and PARISSI, Z. M. Growth characteristics and nutrient content of some herbaceous species under shade and fertilization. Spanish Journal of Agricultural Research, Madrid, v. 7, n. 2, p. 431-438, 2009.

LIMA, H.N.B.; DUBEUX JR., J.C.B.; SANTOS, M.V.F.; MELLO, A.C.L.; LIRA, M.A. and CUNHA, M.V. Soil attributes of a silvopastoral system in Pernambuco Forest Zone. Tropical Grasslands, v. 6(1), 2018.

LIMA JUNIOR, E.C.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V. e OLIVEIRA, H.M. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. Ciência Rural, v. 35, p.1092-1097, 2005.

LINHARES, P.C.; NEVES, A.P.M.; CUNHA, L.M.M.; SILVA, C.R.G. E PEREIRA, K.T.O. Utilização de gliricídia misturada com sabiá no desempenho agrônomo do coentro. ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido, v. 10, n. 3, p. 47- 52, 2014.

LOPES, C.M.; PACIULLO, D.S.C.; ARAÚJO, S.A.C.; GOMIDE, C.A.M.; MORENZ, M.J.F. e VILLELA, S.D.J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v. 69, n. 1, p. 225-233, 2017.

MICHENER, R. and LAJTHA, K. Stable isotopes in Ecology and Environmental Science. Oxford: Blackwell Publishing, 566 p, 2007.

MISHRA, A.K.; TIWARI, H.S. and BHATT, R.K. Growth, biomass production and photosynthesis of *Cenchrus ciliaris* L. under *Acacia tortilis* (Forssk.) Hayne based silvopastoral systems in semi arid tropics. J. Environ. Biol., v. 31, p. 987- 993, 2010.

MOORE, J.E.; MOTT, G.O. Recovery of residual organic matter from “*in vitro*” digestion of forages. Journal of Dairy Science, v. 57, n. 10, p. 258-1259, 1974.

NOBEL, P.S. Internal leaf area and cellular CO₂ resistance: photosynthetic implication of variations with grown conditions and plant species. Physiologia Plantarum, v. 40, n. 2, p. 137-44, 1977.

PANDEY, C.B.; VERMA, S.K. and DAGAR, R.C. Forage production and nitrogen nutrition in three grasses under coconut tree shades in the humid-tropics. Agrof. Syst. v. 83, p. 1-12, 2011.

PARK, R. e EPSTEIN, S. Metabolic fractionation of ¹³C and ¹²C in plants. Plant Physiology, v. 36, p. 133-138, 1961.

POORTER, L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. Functional Ecology v. 13, p. 396-410, 1999.

OLIVEIRA, V.S.; MORAIS, J.A.S.; FAGUNDES, J.L.; SANTANA, J.C.S.; LIMA, I.G.S. E SANTOS, C.B. Production and chemical composition of tropical grasses subjected to two irrigation levels. Archives of Veterinary Science, v. 20, n. 2, p. 27-36, 2015.

OLIVO, C.J.; ZIECH, M.F.; MEINERZ, G.R.; AGNOLIN, C.A.; TYSKA, D.; BOTH, J.F. Valor nutritivo de pastagens consorciadas com diferentes espécies leguminosas. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, n. 8, p. 1543-1552, 2009.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D.S.C.; PIRES, M.F.A. and AROEIRA, L.J.M. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grasslegume pastures shaded by tropical trees. *Animal*, v. 8, p. 1264-1271, 2014.

PALM, C.A.; GACHENGO, C.N.; DELVE, R.J.; CADISH, G. and GILLER K.E. Organic inputs for soil management in tropical agroecosystems? Application of an organic resource database. *Agric. Ecosys. Environ.*, v. 8, p. 27-42, 2001.

SAMARAKOON, S.P.; SHELTON, H.M. e WILSON, J.R. Voluntary feed intake by sheep and digestibility of shaded *Stenotaphrum secundatum* and *Pennisetum clandestinum* herbage. *J. Agric. Sci.*, v. 114 (2), p. 143-150, 1990.

SAS. System Analysis Statistical – SAS. The SAS System for Windows. Cary: SAS Institute; 2017.

SENEVIRATHNA, A.M.W.K.; STIRLING, C.M. and RODRIGO, V.H.L. Growth, photosynthetic performance and shade adaptation of rubber (*Hevea brasiliensis*) grown in natural shade. *Tree Physiology*, p. 23, p. 705-712, 2003.

SCHNEIDER, P.R.; FINGER, C.A.G.; SOBRINHO, V.G. E SCHNEIDER, P.S.P. Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild.). *Ciência Florestal*, v. 15, n. 4, 2005.

SCHREINER, H. G. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 15, p. 61-72, 1987.

SILVA, A. O. T.; SILVA, M. R. D. e BARROS, E. E. L. Effects of artificial shading on cultivation of two forage grasses. *Simpósio de TCC e Seminário de IC*, 2016.

SOLORIO, F.J.; BASU, S.K.; SARABIA, L.; AYALA, A.; RAMÍREZ, L.; AGUILAR, C.; ERALES, J.A.; KU, J.C.; WRIGHT, J. The potencial of silvopastoral systems for milk and meat organic production in the tropics. *Organic Farming for Sustainable Agriculture*, v. 9, n. 1, p. 169-183, 2016.

SOLORIO-SANCHEZ, F.J.; ARMENDARIZ-YANEZ, I.; KUVERA, J. Chemical composition and “*in vitro*” dry matter digestibilit of some fodder trees from South-east México. *Livestock Research for Rural Development*, v. 16, p. 4-7, 2000.

SOUZA, F. A.; GOMES, E. A.; VASCONCELOS, M. J. V. de et al. Micorrizas Arbusculares: Perspectivas para Aumento da Eficiência de Aquisição de Fósforo (P) em Poaceae – Gramíneas. Sete Alagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 30 p., 2011.

TIAN, G.; TANG, B.C. and BRUSSAARD, L. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under tropical conditions-decomposition and nutrient release. *Soil Biol. Biochem.*, v. 24, p. 1051-1060, 1992.

URBANO, E. Equações para estimar o peso de carbono fixado em árvores de *Mimosa scabrella* Benth (Bracatinga) em povoamentos nativos. *Cerne*, v. 14, n. 3, p. 194-203, 2008.

VERAS, V.S.; OLIVEIRA, M.S.B. e LACERDA, T.B. Produção de biomassa e estrutura do pasto de capim-andropogon em sistema silvipastoril e monoculture. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 62, p. 200-207, 2010.

WALTERS, M.B. e REICH, P.B. Seed size, nitrogen supply, and growth rate affect tree seedling survival in deep shade. *Ecology* v. 81, p. 1887-1901, 2000.

WONG, C.C. and WILSON, J.R. Effects of shading on the growth and nitrogen content of green panic and Siratro in pure and mixed swards defoliated at two frequencies. *Australian Journal of Agricultural Research* v. 31(2), p. 269-285, 1980.

ZHAO, R.; GUO, W.; BI, N. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi affect the growth, nutrient uptake and water status of maize (*Zeamays* L.) grown in two types of coal mine spoils under drought stress. *Applied Soil Ecology*, v. 88, p. 41-49, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das espécies gliricídia e sabiá contribuem para o aumento da ciclagem de N no sistema solo e sua introdução em um sistema silvipastoril tem potencial elevado para incrementar renda por área ao produtor rural, quando na venda de madeiras, principalmente da espécie sabiá, para fins energéticos ou de construção. A espécie gliricídia, por sua vez, apresentou maior potencial forrageiro devido ao maior valor nutritivo e melhor digestibilidade de suas folhas.

O sucesso no desenvolvimento da rebrota das duas espécies arbóreas lhes assegura o uso sucessivo após o corte, desde que bem manejadas. Recomenda-se, contudo, a escolha por uma gramínea mais adaptada ao sombreamento, a fim de evitar o sombreamento excessivo e o comprometimento da produção de forragem da gramínea consorciada.

Recomenda-se o emprego da espécie sabiá quando o objetivo final do produtor for a comercialização de madeira e da espécie gliricídia se o propósito da produção for o aumento da disponibilidade de forragem a animais.

APÊNDICES

Dados para rodar acúmulo da massa de forragem

Espécie	Bloco	Tratamento	Ciclo	MF
gli	1	sol	1	2376
gli	1	sol	2	3168
gli	1	sol	3	7304
gli	1	sol	4	3388
gli	1	sol	5	4752
gli	1	sol	6	4092
gli	1	sol	7	3564
gli	1	sol	8	1012
gli	1	sol	9	1232
gli	1	sol	10	968
gli	1	sol	11	1892
gli	2	sol	1	1848
gli	2	sol	2	3256
gli	2	sol	3	4884
gli	2	sol	4	2464
gli	2	sol	5	2684
gli	2	sol	6	3124
gli	2	sol	7	4928
gli	2	sol	8	1188
gli	2	sol	9	1452
gli	2	sol	10	1364
gli	2	sol	11	1804
gli	3	sol	1	3520
gli	3	sol	2	3212
gli	3	sol	3	4180
gli	3	sol	4	3960
gli	3	sol	5	1672
gli	3	sol	6	5148
gli	3	sol	7	3960
gli	3	sol	8	2024
gli	3	sol	9	2464
gli	3	sol	10	1980
gli	3	sol	11	2200
gli	4	sol	1	4400
gli	4	sol	2	3784
gli	4	sol	3	5940
gli	4	sol	4	4092
gli	4	sol	5	3696
gli	4	sol	6	7040

gli	4 sol	7	3872
gli	4 sol	8	1760
gli	4 sol	9	1232
gli	4 sol	10	1188
gli	4 sol	11	2112
gli	1ombra	1	880
gli	1ombra	2	3036
gli	1ombra	3	4180
gli	1ombra	4	1144
gli	1ombra	5	1276
gli	1ombra	6	1452
gli	1ombra	7	1144
gli	1ombra	8	0
gli	1ombra	9	0
gli	1ombra	10	660
gli	1ombra	11	1144
gli	2ombra	1	1408
gli	2ombra	2	2156
gli	2ombra	3	4840
gli	2ombra	4	1452
gli	2ombra	5	1276
gli	2ombra	6	1100
gli	2ombra	7	1100
gli	2ombra	8	0
gli	2ombra	9	0
gli	2ombra	10	528
gli	2ombra	11	880
gli	3ombra	1	2464
gli	3ombra	2	2508
gli	3ombra	3	4048
gli	3ombra	4	1628
gli	3ombra	5	968
gli	3ombra	6	1672
gli	3ombra	7	880
gli	3ombra	8	616
gli	3ombra	9	748
gli	3ombra	10	792
gli	3ombra	11	1188
gli	4ombra	1	3168
gli	4ombra	2	3960
gli	4ombra	3	3520
gli	4ombra	4	1276
gli	4ombra	5	1760
gli	4ombra	6	1760

gli	4	sombra	7	2024
gli	4	sombra	8	660
gli	4	sombra	9	0
gli	4	sombra	10	836
gli	4	sombra	11	1100
sab	1	sol	1	1584
sab	1	sol	2	3300
sab	1	sol	3	5808
sab	1	sol	4	3300
sab	1	sol	5	6336
sab	1	sol	6	3300
sab	1	sol	7	3432
sab	1	sol	8	1320
sab	1	sol	9	572
sab	1	sol	10	1100
sab	1	sol	11	1760
sab	2	sol	1	3960
sab	2	sol	2	2948
sab	2	sol	3	6072
sab	2	sol	4	4664
sab	2	sol	5	1716
sab	2	sol	6	5852
sab	2	sol	7	4972
sab	2	sol	8	1188
sab	2	sol	9	1760
sab	2	sol	10	1100
sab	2	sol	11	2860
sab	3	sol	1	3080
sab	3	sol	2	3344
sab	3	sol	3	6820
sab	3	sol	4	2640
sab	3	sol	5	3476
sab	3	sol	6	6732
sab	3	sol	7	2772
sab	3	sol	8	1232
sab	3	sol	9	2112
sab	3	sol	10	1892
sab	3	sol	11	2684
sab	4	sol	1	1144
sab	4	sol	2	1540
sab	4	sol	3	6776
sab	4	sol	4	4576
sab	4	sol	5	5148
sab	4	sol	6	8140

sab	4 sol	7	4268
sab	4 sol	8	1364
sab	4 sol	9	1760
sab	4 sol	10	1716
sab	4 sol	11	2728
sab	1 sombra	1	440
sab	1 sombra	2	2464
sab	1 sombra	3	4312
sab	1 sombra	4	2068
sab	1 sombra	5	2420
sab	1 sombra	6	2684
sab	1 sombra	7	1276
sab	1 sombra	8	0
sab	1 sombra	9	0
sab	1 sombra	10	924
sab	1 sombra	11	1760
sab	2 sombra	1	792
sab	2 sombra	2	1496
sab	2 sombra	3	4576
sab	2 sombra	4	1364
sab	2 sombra	5	1408
sab	2 sombra	6	1936
sab	2 sombra	7	1012
sab	2 sombra	8	0
sab	2 sombra	9	0
sab	2 sombra	10	704
sab	2 sombra	11	1188
sab	3 sombra	1	1232
sab	3 sombra	2	2684
sab	3 sombra	3	2508
sab	3 sombra	4	1188
sab	3 sombra	5	2772
sab	3 sombra	6	1188
sab	3 sombra	7	748
sab	3 sombra	8	0
sab	3 sombra	9	0
sab	3 sombra	10	704
sab	3 sombra	11	968
sab	4 sombra	1	1760
sab	4 sombra	2	2420
sab	4 sombra	3	4268
sab	4 sombra	4	1496
sab	4 sombra	5	1496
sab	4 sombra	6	1980

sab	4	sombra	7	1100
sab	4	sombra	8	0
sab	4	sombra	9	1496
sab	4	sombra	10	792
sab	4	sombra	11	1320

Dados para rodar densidade

Especie	Arvore	Bloco	Densidade
1	1	1	1.08
1	2	1	1.06
1	3	1	1.13
1	4	1	1.08
1	5	1	1.11
1	6	1	1.08
1	1	2	0.89
1	2	2	0.9
1	3	2	0.92
1	4	2	0.89
1	5	2	0.86
1	6	2	0.91
1	1	3	1
1	2	3	0.99
1	3	3	1
1	4	3	1.02
1	5	3	0.99
1	6	3	0.98
1	1	4	0.79
1	2	4	0.92
1	3	4	0.81
1	4	4	0.7
1	5	4	0.87
1	6	4	0.75
2	1	1	0.88
2	2	1	0.95
2	3	1	0.82
2	4	1	0.86
2	5	1	0.95
2	6	1	0.99
2	1	1	0.96
2	2	1	1.1
2	3	1	1.19

2	4	1	1.01
2	5	1	1.05
2	6	1	1.06
2	1	1	1.04
2	2	1	1.03
2	3	1	1.05
2	4	1	1.03
2	5	1	1.04
2	6	1	1.04
2	1	1	0.98
2	2	1	0.98
2	3	1	0.98
2	4	1	0.98
2	5	1	1.01
2	6	1	0.96
3	1	1	0.71
3	2	1	0.7
3	3	1	0.75
3	4	1	0.7
3	5	1	0.71
3	6	1	0.73
3	1	2	0.74
3	2	2	0.85
3	3	2	1
3	4	2	0.79
3	5	2	0.94
3	6	2	0.91
3	1	3	0.74
3	2	3	0.77
3	3	3	0.78
3	4	3	0.66
3	5	3	0.8
3	6	3	0.7
3	1	4	0.68
3	2	4	0.66
3	3	4	0.65
3	4	4	0.74
3	5	4	0.72
3	6	4	0.65
4	1	1	0.76
4	2	1	0.77
4	3	1	0.84
4	4	1	0.77
4	5	1	0.8

4	6	1	0.83
4	1	1	0.67
4	2	1	0.63
4	3	1	0.53
4	4	1	0.6
4	5	1	0.59
4	6	1	0.59
4	1	1	0.68
4	2	1	0.54
4	3	1	0.59
4	4	1	0.55
4	5	1	0.65
4	6	1	0.67
4	1	1	0.68
4	2	1	0.61
4	3	1	0.65
4	4	1	0.69
4	5	1	0.69
4	6	1	0.67

Dados para rodar composição química das folhas de leguminosas

Tratamento	Bloco	Ciclo	$\delta^{15}\text{N}$	N [%]	$\delta^{13}\text{C}$	C [%]
1	1	1	1,14	4,04	-34,72	43,73
1	1	2	7,47	4,13	-35,35	40,91
1	1	3	4,07	3,91	-35,51	41,64
1	1	4	6,62	3,56	-32,10	43,87
1	1	5	5,09	4,20	-31,26	44,25
1	1	6	6,69	4,05	-36,51	44,37
1	2	1	0,14	4,11	-35,08	44,44
1	2	2	8,20	4,24	-32,68	41,72
1	2	3	4,27	4,76	-30,90	42,44
1	2	4	10,28	3,86	-32,43	41,98
1	2	5	4,53	3,94	-32,79	44,19
1	2	6	6,15	3,55	-37,00	43,45
1	3	1	2,00	3,88	-33,47	44,59
1	3	2	6,60	3,92	-34,02	39,19
1	3	3	6,63	3,91	-36,50	41,29
1	3	4	9,10	4,75	-29,85	41,23
1	3	5	3,99	4,14	-32,49	42,65
1	3	6	7,59	3,63	-36,16	44,73
1	4	1	1,26	3,98	-34,45	44,06

1	4	2	7,00	4,69	-34,52	41,41
1	4	3	2,50	4,85	.	.
1	4	4	10,23	3,11	.	.
1	4	5	4,87	4,42	-32,81	43,50
1	4	6	2,23	3,52	-36,33	44,63
2	1	1	1,84	2,54	-37,69	44,34
2	1	2	4,69	3,89	-37,12	43,43
2	1	3	3,57	3,70	-37,96	45,02
2	1	4	3,21	2,87	-38,52	43,79
2	1	5	4,73	3,06	-32,89	46,53
2	1	6	3,61	3,28	-38,25	47,14
2	2	1	1,03	2,94	-37,31	45,17
2	2	2	2,18	2,67	-36,67	44,37
2	2	3	2,33	3,31	-39,06	45,24
2	2	4	2,65	2,88	-39,12	42,60
2	2	5	3,30	3,35	-34,92	46,69
2	2	6	3,54	3,28	-38,59	47,27
2	3	1	0,82	3,06	-35,97	45,35
2	3	2	3,66	3,31	-36,84	43,56
2	3	3	1,59	3,25	-38,52	45,63
2	3	4	3,35	2,90	-38,73	44,07
2	3	5	4,65	3,10	-34,44	46,75
2	3	6	2,87	2,86	-37,16	47,18
2	4	1	2,96	3,02	-35,26	44,92
2	4	2	8,04	4,46	-37,57	43,01
2	4	3	4,38	3,40	-37,98	44,33
2	4	4	3,77	2,56	-37,26	45,27
2	4	5	4,87	3,11	-35,21	45,85
2	4	6	5,77	3,29	-38,33	46,65