



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:
SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

FRANCISCA EDINEIDE LIMA BARBOSA

QUALIDADE DO SOLO E PRODUÇÃO DA BANANEIRA PRATA ANÃ
ASSOCIADA A PLANTAS DE COBERTURA E DIFERENTES LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO

FORTALEZA

2016

FRANCISCA EDINEIDE LIMA BARBOSA

**QUALIDADE DO SOLO E PRODUÇÃO DA BANANEIRA PRATA ANÃ
ASSOCIADA A PLANTAS DE COBERTURA E DIFERENTES LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- B195q Barbosa, Francisca Edineide Lima.
 Qualidade do solo e produção da bananeira prata anã associada a plantas de cobertura e diferentes lâminas de irrigação. / Francisca Edineide Lima Barbosa. – 2016.
 99 f. : il. color.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências do Solo, Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Fortaleza, 2016.
 Área de Concentração: Química, Fertilidade e Biologia do Solo
 Orientação: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.
1. Irrigação. 2. Fertilizante orgânico. 3. Banana - Cultivo. I. Título.

CDD 631.4

**QUALIDADE DO SOLO E PRODUÇÃO DA BANANEIRA PRATA ANÃ
ASSOCIADA A PLANTAS DE COBERTURA E DIFERENTES LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia - Solos e Nutrição Plantas da Universidade Federal do Ceará, como requisito final para obtenção do título de doutor em Agronomia.

Aprovada em : ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Boanerges Freire de Aquino
Universidade Federal do Ceará

Dr. Carlos Henrique Carvalho de Sousa
Universidade Federal do Ceará

Pesquisador Dr. Marlos Alves Bezerra
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Prof^ª Dra. Aiala Vieira Amorim
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

À Deus

À minha família

AGRADECIMENTOS

Á Deus por ser piedoso e bondoso, e sempre guiar meus caminhos.

Aos meus irmãos, ao meu pai e em especial a minha mãe Edileuza Silva Lima Barbosa, por cuidar de mim sempre e por ser diretamente responsável por minhas conquistas.

À Universidade Federal do Ceará pela oportunidade dada. Em especial ao Departamento de Ciências do Solo e ao Departamento de Engenharia Agrícola.

Ao professor Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda, pela orientação, amizade, confiança e oportunidade de desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Ricardo Luis Lange Ness, Arilene Franklin Chaves e Francisco Sildemberny Souza dos Santos pelos ensinamentos, orientação e apoio desde o início de minha vida acadêmica.

Aos conselheiros e irmãos de orientação que contribuíram imensamente para a realização deste trabalho, Aiala Amorim, Carlos Henrique Souza, Antônia Leila Neves, Francisco Jardelson, Francisco Luciano, Liliane Maia, Júlia Medeiros e Ítalo Oliveira, Adriana, Mailson, Gabriel, Ricardo, Lucas, Leandro, e Hernandez Oliveira. Agradeço também pelos dias em que me acompanharam nas atividades de campo e laboratório, bem como, pela companhia, amizade e atenção que tiveram comigo ao longo desse tempo que passamos juntos.

Aos funcionários da FEVC, Valmir, José Airton, José Amilton, Castilho, Gleiciane, Socorro, Ana e Itamar por toda a atenção e auxílio, juntamente com todos os funcionários do Hotel pela hospitalidade e carinho. Também aos funcionários Francisco Diassis e Didi pela disponibilidade e apoio no desenvolvimento desta pesquisa.

À Isabel Cristina por ter sonhado comigo desde o primeiro dia, e está sempre ao meu lado nos momentos fáceis e difíceis, alegres e tristes.

À Assunção Rocha, Daniele Martins, Izabelly e Nágyla pela convivência, compreensão e amizade.

Aos amigos Magnum de Souza e Roberto Albuquerque pela parceria de sempre.

A todos os colegas do curso pela amizade, convivência e auxílio.

A Capes pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Banco do Nordeste pelo financiamento da pesquisa.

RESUMO

A bananicultura tem grande importância no cenário mundial e nacional, devido a aspectos nutricionais, sociais e econômicos. Nesse contexto, é de extrema importância a busca por manejos de produção alternativos, que visem à redução na utilização de adubos químicos, dos custos de produção e aumentem a sustentabilidade da bananicultura. Ante o exposto, pretendeu-se avaliar e comparar, durante três ciclos, o desenvolvimento, a viabilidade econômica e a qualidade de um solo cultivado com a bananeira cv Prata Anã, sob o manejo convencional e associado a plantas de coberturas em diferentes lâminas de irrigação. O trabalho foi conduzido em Pentecoste-CE, num bananal implantado em 2010. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas formadas por quatro lâminas de irrigação: 50, 75, 100 e 125% da evapotranspiração da cultura. As subparcelas foram formadas pelos manejos: convencional (com adubação nitrogenada e ausência de plantas de cobertura) e com as plantas de cobertura calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.), kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* Benth.) e vegetação espontânea, associadas à bananeira e as subsubparcelas pelos ciclos culturais. Ambas leguminosas foram plantadas um mês após o transplante das bananeiras e foram manejadas como coberturas vivas. Avaliou-se a altura e circunferência do pseudocaule das bananeiras; variáveis produtivas e a viabilidade econômica em cada manejo; os teores foliares de macro e micronutrientes; as trocas gasosas, eficiências do uso da água e o índice relativo de clorofila; indicadores microbiológicos e químicos do solo, como: respiração basal, carbono da biomassa microbiana e carbono orgânico do solo, além da densidade da fauna edáfica. As bananeiras produzidas convencionalmente, com adubação nitrogenada sintética, possuem maior crescimento, produtividade e viabilidade econômica em comparação a manejos com plantas de cobertura, apesar desses últimos, serem também viáveis economicamente. Bananais manejados convencionalmente também apresentam maior acúmulo de carbono orgânico total, apesar de mostrar evidências de desequilíbrios nas populações de artrópodes do solo.

Palavras-Chave: manejo da irrigação, adubação verde, *Musa spp.*

ABSTRACT

The banana crop has great importance in both national and world stages, due to nutritional, social and economic aspects. In this context, it is extremely important to search for alternative production management systems, which try to reduce the use of chemical fertilizers, the production costs and at the same time increase the sustainability of the banana crop. Based on that, the objective of this paper was to evaluate and compare the three cycles, development, economic viability and the quality of a soil cultivated with banana cv Prata Anã, under conventional management and associated with coverings of plants in different irrigation systems. The work was conducted at Pentecost, CE, a banana plantation implanted in 2010. Since its implementation, the experimental design was a randomized block in a split plot designed with four parts, which consisted on four irrigation levels: 50, 75, 100 and 125% of crop evapotranspiration (ETc) and the subplots by conventional management (with nitrogen fertilization and lack of cover crops) and cover crops: calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.), tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides* Benth.) and spontaneous vegetation associated with banana. Both legumes were planted one month after being transplanted of banana trees and were managed as living roofs. We evaluated the height and circumference of the pseudo-stem of the banana trees; productive variables and the economic viability of each management; the foliar levels of macro and micronutrients; gas exchange, water use efficiencies and the relative chlorophyll content; microbiological and soil chemical indicators, such as basal respiration, microbial biomass carbon and soil organic carbon, as well as density of soil fauna. It was concluded that the banana conventionally produced with synthetic nitrogen fertilizer has higher growth, productivity and economic viability compared to managements with cover crops, despite the latter being also economically viable. Bananas conventionally managed also show a higher accumulation of total organic carbon, despite showing evidence of imbalances in soil arthropod populations.

Keywords: irrigation management; green manure; *Musa spp.*

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II	.....	31
Figura 1.	Total de água aplicado via lâminas de irrigação e precipitação, em cada subparcelas, para o segundo, terceiro e quarto ciclos da bananeira Prata Anã.....	36
Figura 2.	Dados da interação lâmina x ciclo (A) no 2º (◇), 3º (□) e 4º (Δ) ciclos da bananeira e cobertura do solo x ciclo (B) para o peso dos frutos da bananeira Prata Anã.....	40
Figura 3.	Dados da interação cobertura do solo x ciclo (A), com convencional (◇), calopogônio (□), kudzu (Δ) e Veget. spont. (×) e lâmina x cobertura do solo (B) para o número de frutos por cacho da bananeira cv Prata Anã.....	41
Figura 4.	Dados da interação lâmina x ciclo (A) no 2º (◇), 3º (□) e 4º (Δ) ciclos da bananeira e cobertura do solo x ciclo (B) para a produtividade da bananeira Prata Anã.....	42
Capítulo III	.....	50
Figura 1.	Dados da interação lâmina x cobertura do solo (A) e cobertura x ciclo (B) para o fósforo ($g\ kg^{-1}$) foliar na bananeira Prata Anã.....	57
Figura 2.	Potássio ($g\ kg^{-1}$) foliar da bananeira Prata Anã, associada a diferentes coberturas do solo (A) em três ciclos culturais (B).....	58
Figura 3.	Dados da interação lâmina x ciclo para o cálcio (A); interação lâmina x ciclo (B) e cobertura x ciclo (C) para o magnésio foliar na bananeira Prata Anã.....	58
Figura 4.	Dados da interação cobertura x ciclo para o manganês foliar na bananeira Prata Anã.....	61
Figura 5.	Dados da interação lâmina x cobertura no manejo convencional (◇), com calopogônio (□), kudzu (Δ) e Veget. spont. (×) para a fotossíntese (A) (A), condutância estomática (gs) (B), transpiração (E) (C) e índice relativo de clorofila (IRC) (D), no 2º ciclo da bananeira Prata Anã.....	63
Figura 6.	Efeito da lâmina de irrigação na eficiência momentânea do uso da água (EUAm) no terceiro (A) e quarto (B) ciclos da bananeira Prata Anã.....	64
Capítulo IV	.....	75
Figura 1.	Evolução da respiração basal do solo cultivado com a bananeira Prata Anã, associada a diferentes plantas de cobertura.....	81
Figura 2.	Primeiro componente principal (CP1) versus segundo componente principal (CP2) das ordens de artrópodes do solo (A) e distribuição dos tratamentos de cobertura do solo e lâminas de irrigação.....	84

LISTA DE TABELAS

Capítulo II	.....	31
Tabela 1.	Resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento: altura e circunferência do pseudocaule e variáveis produtivas: peso dos frutos, número de frutos por cacho e produtividade da bananeira cv Prata Anã em função do ciclo cultural, lâminas de irrigação e cobertura do solo.....	38
Tabela 2.	Altura (cm ⁻¹) das plantas de bananeira Prata Anã em função da lâmina de irrigação e diferentes manejos de produção em três ciclos de cultivo.....	39
Tabela 3.	Circunferência (cm ⁻¹) do pseudocaule de plantas de bananeira Prata Anã em função da lâmina de irrigação e diferentes manejos de produção, em três ciclos de cultivo.....	39
Tabela 4.	Viabilidade econômica da produção da bananeira Prata Anã cultivada em manejo convencional e com plantas de cobertura sob diferentes lâminas de irrigação para um período de sete anos e taxa de juros de 2%.....	43
Capítulo III	.....	50
Tabela 1.	Resumo da análise de variância para os nutrientes foliares da bananeira cv Prata Anã em função de diferentes lâminas de irrigação, coberturas do solo e ciclos culturais.....	56
Tabela 2.	Nitrogênio (g kg ⁻¹) foliar da bananeira Prata Anã em função de diferentes lâminas de irrigação e plantas de cobertura, em três ciclos de cultivo.....	57
Tabela 3.	Ferro (mg kg ⁻¹) foliar da bananeira Prata Anã em função da lâmina de irrigação e diferentes manejos de produção em três ciclos de cultivo.....	59
Tabela 4.	(mg kg ⁻¹) foliar da bananeira Prata Anã em função da lâmina de irrigação e diferentes manejos de produção em três ciclos de cultivo.	60
Tabela 5.	Zinco (mg kg ⁻¹) foliar da bananeira Prata Anã em função da lâmina de irrigação e diferentes manejos de produção em três ciclos de cultivo.....	60
Tabela 6.	Resumo da análise de variância para as trocas gasosas, eficiência do uso da água e índice relativo de clorofila da bananeira cv Prata Anã em função de diferentes lâminas de irrigação, coberturas do solo e ciclos culturais.....	62
Tabela 7.	Efeito dos diferentes tipos de cobertura do solo na fotossíntese (A), transpiração (E), eficiência momentânea do uso da água (EUAm) e índice relativo de clorofila (IRC) da bananeira cv Prata Anã em diferentes ciclos culturais.....	63
Capítulo IV	.....	73
Tabela 1.	Resumo da análise de variância para os indicadores microbiológicos e químicos do solo cultivado com a bananeira cv Prata Anã, associada a diferentes plantas de cobertura.....	80
Tabela 2.	Carbono orgânico total (COT), Carbono orgânico particulado (COP) e Carbono orgânico associado a minerais (COM) em solo cultivado com a bananeira cv Prata Anã, associada a diferentes plantas de cobertura.....	82

Tabela 3.	Abundância absoluta de artrópodes de solo em mata nativa (CM) e no cultivo da bananeira associada às plantas de cobertura: calopogônio (CP), kudzu tropical (KT) e vegetação espontânea (VE) e sob manejo convencional (CV) e nas lâminas de irrigação correspondentes a 50% e 125% da Etc.....	83
Tabela 4.	Correlação entre cada componente principal e as ordens de artrópodes do solo cultivado com a bananeira Prata Anã associada a diferentes plantas de cobertura.....	84

SUMÁRIO

RESUMO	04
ABSTRACT	05
INTRODUÇÃO GERAL	11
Capítulo I.....	13
USO DE LEGUMINOSAS COMO PLANTAS DE COBERTURA	13
Resumo.....	13
Abstract.....	13
INTRODUÇÃO	14
Principais leguminosas empregadas como plantas de cobertura.....	15
Uso de leguminosas como fonte de N.....	17
A mineralização do N proveniente das leguminosas.....	18
Melhoria da qualidade do solo com a utilização de leguminosas.....	20
Comparação do manejo convencional e com utilização de leguminosas, com ênfase na cultura da bananeira.....	22
REFERÊNCIAS	25
Capítulo II.....	31
CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA DA BANANEIRA ASSOCIADA COM PLANTAS DE COBERTURA	31
Resumo.....	31
Abstratc.....	31
INTRODUÇÃO	32
MATERIAL E MÉTODOS	33
RESULTADO	38
DISCUSSÃO	43
CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	47
Capítulo III.....	50
FISIOLOGIA E NUTRIÇÃO DA BANANEIRA PRATA ANÃ ASSOCIADA A PLANTAS DE COBERTURA	50
Resumo.....	50
Abstratc.....	51
INTRODUÇÃO	51
MATERIAL E MÉTODOS	52
RESULTADOS	56
DISCUSSÃO	64
CONCLUSÓES	69
REFERÊCIAS	69
Capítulo IV.....	73
QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS COM BANANEIRA ASSOCIADA A PLANTAS DE COBERTURA	73
Resumo.....	73
Abstratc.....	74
INTRODUÇÃO	74
MATERIAL E MÉTODOS	76
RESULTADOS	80
DISCUSSÃO	85
CONCLUSÓES	89

REFERÊNCIAS.....	90
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
APÊNDICE.....	94

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da banana possui grande importância social e econômica em todo o mundo, sendo parte complementar da alimentação de populações de baixa renda, sobretudo, pelo alto valor nutritivo (rica em nutrientes e vitaminas A, B e C), pela disponibilidade durante o ano inteiro e baixo custo. Em função disso, é considerada a quarta lavoura mais importante do mundo depois dos cereais, e seu cultivo se estende em mais de 130 países, incluindo o Brasil.

A produção brasileira de banana em 2015, segundo a FAO, atingiu 7.156.934 milhões de Mg, sendo a região Sudeste, a maior produtora, seguida da região Nordeste. Embora seja largamente cultivada, a produtividade média mundial da bananicultura é considerada baixa (14,5 Mg ha⁻¹). No Brasil ela se aproxima da média mundial (14,0 Mg ha⁻¹ em 2015), porém na Indonésia, os valores são superiores (59 Mg ha⁻¹).

Os baixos rendimentos da bananicultura são inadequados para uma agricultura sustentável, principalmente com as perspectivas de redução das terras agricultáveis, da crescente demanda por alimentos e das alterações na disponibilidade de terras. Alguns dos fatores responsáveis por esses baixos rendimentos são: a reduzida fertilidade do solo, sobretudo, em relação ao N; a deficiência hídrica e o restrito capital para investimentos.

Ante isso, têm surgido alternativas que visam melhorar a fertilidade dos solos, por meio da substituição de fertilizantes nitrogenados sintéticos por fontes de menor custo. Uma destas alternativas corresponde à utilização de plantas de cobertura leguminosas, que são fontes de N, funcionam como uma prática conservacionista do solo, reduzindo a erosão, e apresentam potencial de controlar plantas daninhas, conseqüentemente reduzindo os custos com herbicidas.

Além do benefício econômico, plantas de cobertura trazem benefícios ecológicos, como a regulação do ar e da qualidade da água, a polinização, etc. Vale destacar que no caso da utilização de plantas de cobertura em pomares, algumas particularidades são importantes, principalmente no que diz respeito à forma com que estas são manejadas. Nesse aspecto, é importante a identificação de plantas de cobertura tolerantes ao sombreamento pela cultura principal e à competição com as plantas espontâneas.

Em bananais a utilização de leguminosas perenes como plantas de cobertura parece ser vantajosa, pois possibilita o aporte sucessivo de biomassa sem a necessidade do replantio, dispensando a compra adicional de sementes. Além disso, permite o aproveitamento dos pseudocaules das bananeiras para a alimentação animal, artesanatos, etc., devido às plantas de coberturas inviabilizarem a deposição dos restos culturais no bananal.

A disponibilidade hídrica correta é outro fator importante para o aumento dos rendimentos da bananicultura mundial, o qual afeta grandemente a bananeira, sendo necessários cerca de 25 mm semanalmente para o crescimento satisfatório dessa cultura. No entanto, na associação da bananeira com plantas de cobertura, tais plantas proporcionam uma barreira à evaporação da água do solo, aumentando seu armazenamento e competem por água com a cultura principal, aumentando a importância de saber a quantidade de água mais adequada nesse consórcio.

Nesse contexto, é importante avaliar os efeitos da implantação de sistemas alternativos que utilizam leguminosas como plantas de cobertura na produtividade da banana irrigada com diferentes lâminas de irrigação, visando saber seus efeitos no crescimento da bananeira, na viabilidade econômica da produção e na qualidade do solo, com o intuito de identificar até que ponto leguminosas substituem a adubação nitrogenada convencional e para obter informações técnicas seguras que contribuam para a sustentabilidade econômica e ambiental da produção agrícola.

Portanto, serão apresentados a seguir, quatro capítulos que tratam respectivamente de uma revisão bibliográfica sobre a utilização de leguminosas como plantas de cobertura; dos efeitos da interação de diferentes manejos (convencional e com plantas de cobertura) e lâminas de irrigação, no crescimento e produtividade da bananeira Prata Anã; em sua nutrição e trocas gasosas, bem como, o efeito dos manejos supracitados na qualidade do solo.

Capítulo I

USO DE LEGUMINOSAS COMO PLANTAS DE COBERTURA

Resumo: As leguminosas destacam-se entre as espécies empregadas como plantas de cobertura, principalmente por sua capacidade de fornecimento de N para culturas de interesse comercial. No entanto, a identificação das plantas de cobertura leguminosas mais adequadas para cada condição edafoclimática e para utilização em consorciação com determinadas culturas é importante para garantir o sucesso dessa prática. Diante dessa situação, torna-se necessário o conhecimento detalhado de diversas características dessas plantas, bem como, das respostas a algumas questões, tais como: quais as melhores plantas de cobertura leguminosas? Quais leguminosas são mais adequadas para utilização em pomares perenes? Qual o real potencial dessas plantas em substituir o fertilizante nitrogenado? Quais os efeitos da utilização de leguminosas na qualidade química e biológica do solo, dentre outros? Nesse capítulo apresentamos uma revisão com o intuito de responder, pelo menos em parte, a essas questões e assim contribuir para a sustentabilidade da produção agrícola.

Palavras Chaves: manejo convencional, fertilização, cobertura viva.

USE OF LEGUMES AS COVER CROPS

Abstract: Legumes stand out among the species used as cover crops, mainly for its N supply capacity for commercially important crops. However, the identification of the most suitable cover crop legumes for each edaphoclimatic condition and for the use in inter-cropping with certain cultures is important to ensure the success of this practice. Given this situation, it is necessary detailed knowledge of various characteristics of these plants, as well as the answers to some questions such as: what are the best plants to cover legumes? Which legumes are more suitable to use in perennial orchards? What is the real potential of these plants to replace the nitrogenous fertilizer? What are the effects of using legumes in the chemical and biological quality of the soil, among others? In this chapter, we present a review in order to respond, at least in part, to these questions and thus contribute to the sustainability of agricultural production.

Key words: conventional tillage, fertilization, live coverage.

INTRODUÇÃO

A utilização de plantas de cobertura ocorre desde a antiguidade e se iniciou com a busca por sistemas de manejo que minimizassem o impacto da ação produtiva sobre o meio ambiente (MAZOYER; ROUDART, 2010). Dentre os benefícios dessa prática estão: a proteção do solo contra a erosão hídrica e eólica, o incremento da fertilidade natural, a ciclagem de nutrientes, o aumento e a manutenção dos teores de matéria orgânica e da retenção de água do solo, o controle de plantas daninhas e das variações térmicas das camadas superficiais do solo, a mitigação da lixiviação de nitratos e a reciclagem de N para culturas subsequentes (PLAZA-BONILLA *et al.*, 2015; AMOSSÉA *et al.*, 2013; ESPINOZA *et al.*, 2012; TEODORO *et al.*, 2011).

Quando as plantas de cobertura utilizadas são leguminosas, ocorre ainda, o incremento de N ao sistema, devido à fixação do N₂ atmosférico, oriunda da simbiose dessa espécie com bactérias diazotróficas, e pela recuperação do N lixiviado para camadas mais profundas do solo (COSTA, 1993). Segundo alguns estudos, plantas de cobertura leguminosas podem também ser manejadas com a função dupla de adubo e forragem, em áreas com produção de arbóreas como eucalipto (NICODEMO *et al.*, 2015). Além disso, são indicadas para reduzir o estabelecimento e crescimento de plantas daninhas resistentes a herbicidas como a *Amaranthus palmeri* (WEBSTER *et al.*, 2013), ou para aumentar a eficiência de uso do nitrogênio do solo (PLAZA-BONILLA *et al.*, 2016).

São diversas as plantas leguminosas e não leguminosas utilizadas como plantas de cobertura, e muitos os resultados experimentais que demonstram os benefícios de seu uso, sob diferentes formas de manejo, tais como: pré-cultivos de leguminosas (ESPINOZA *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2003), consórcios (OLIVEIRA *et al.*, 2004), cultivos em aléias de leguminosas arbóreas associadas a culturas anuais (SAMPAIO *et al.*, 2015), na forma de coquetéis (NICODEMO *et al.*, 2015) e em associação com fruteiras como a bananeira (BARBOSA *et al.*, 2013).

Apesar dos bons resultados, vários critérios devem ser levados em conta para a escolha das plantas de cobertura visando potencializar os benefícios de sua utilização. Dentre esses critérios destacam-se a duração do ciclo, o hábito de crescimento e alguns

aspectos mais específicos, como a sensibilidade ao sombreamento, uma característica importante para o uso dessas plantas em pomares.

Outro aspecto importante quando plantas de cobertura são associadas a outras culturas é a demanda hídrica, tendo em vista, que apesar da cobertura morta proporcionar o aumento do armazenamento da água no solo (MBUTHIA *et al.*, 2015), num cultivo consorciado, plantas de cobertura podem competir por água e nutrientes, principalmente quando manejadas como coberturas vivas.

Além disso, deve ser observada a ação de aleloquímicos produzidos por algumas espécies como o *Eucalyptus grandis* que provavelmente reduzem o desenvolvimento e nodulação de algumas leguminosas, incluindo calopogônio e stylosantes (POEIRAS; CARMO, 2007) e ao fato de algumas culturas de cobertura servirem como hospedeiros alternativos para pragas da cultura principal, incluindo nematóides (TIMPER, DAVIS e TILLMAN, 2006).

Este capítulo visa proporcionar uma visão prática sobre o uso de plantas de cobertura leguminosas, com ênfase em cultivos associados com a bananeira. Além disso, são destacadas as leguminosas mais utilizadas como plantas de cobertura, bem como, aspectos referentes à mineralização dessas plantas após adição no solo e seus efeitos na qualidade deste.

Principais leguminosas empregadas como plantas de cobertura

Apesar do potencial de fixação do N₂ atmosférico ser a principal vantagem no que diz respeito à utilização de leguminosas como plantas de cobertura, o sucesso dessa prática depende da identificação da espécie mais adequada para cada situação particular. Nesse contexto, a escolha deve levar em conta além da fixação de N, a produção de matéria seca, as condições edafoclimáticas, a competição com as plantas espontâneas, a tolerância ao sombreamento, bem como o hábito de crescimento, devido a interferências do sistema de irrigação, por exemplo (BARBOSA, 2012; ESPINDOLA *et al.*, 2001).

No que diz respeito à produção de matéria seca, as leguminosas anuais mucuna-preta, feijão guandu e de porco ecrotalária atingem produtividades acima de 5,0 Mg ha⁻¹ (FARIAS *et al.*, 2007; KAHO *et al.*, 2009), sendo bastante promissoras, e algumas delas podem tolerar sombreamento. Segundo Neto *et al.* (2010), a crotalária e o feijão-de-porco são leguminosas com elevada produção de massa verde e seca da parte aérea,

atingindo valores iguais a 13,90 e 13,23 Mg ha⁻¹ e 3,80 e 3,53 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Além das espécies citadas, o labe-labe (*Lablab purpureus* e *Dolichos lablab*) e a soja (*Glycine max*) são utilizadas com sucesso em sistemas de manejo com rotação de culturas em canaviais (PERIN *et al.*, 2004). Nas condições edafoclimáticas da Amazônia, Teixeira *et al.* (2014) encontraram que a braquiária e o feijão de porco apresentaram elevado potencial para uso como plantas de cobertura em sistemas de plantio direto, devido à sua produção de biomassa, acima de 6,0 Mg ha⁻¹ e por seus resíduos fornecerem a cobertura adequada do solo e contribuir para a recuperação de grandes quantidades de nutrientes.

Leguminosas herbáceas perenes também se mostram interessantes como plantas de cobertura, principalmente em áreas de pomares (BRYAN *et al.*, 2001). Nessa condição podem ser mantidas como coberturas vivas por meio de roçadas periódicas, dispensando nova compra de sementes ou mudas em ciclos posteriores da cultura principal.

Nas condições edafoclimáticas da baixada Fluminense-RJ, as leguminosas herbáceas perenes: amendoim forrageiro, kudzu tropical e siratro foram bem adaptados (ESPINDOLA, GUERRA e ALMEIDA, 2005). Perin *et al.* (2004) encontraram que o kudzu tropical atingiu produtividade de 3,28 Mg ha⁻¹ de biomassa seca apenas no primeiro corte. Segundo Espindola *et al.* (2006a) os rendimentos dessa espécie podem atingir valores mais elevados, como os 5,0 Mg ha⁻¹ encontrados em seu estudo.

Kaho *et al.* (2009) constataram que aos 12 meses após plantio a produção de matéria seca do kudzu tropical foi de 5,87 Mg ha⁻¹, sendo esta considerada como a melhor cobertura em termos de supressão de plantas daninhas. Outra vantagem dessa espécie foi reportada por Rocha *et al.* (2007), quando verificaram que o kudzu necessita apenas de 50% de luminosidade para atingir sua produção máxima, o que é fato relevante quando se trata do uso dessa espécie em pomares com elevado índice de sombreamento, como em bananais.

Outra leguminosa herbácea perene considerada promissora é o calopogônio que apresenta produtividade variando 3,0 a 5,0 Mg ha⁻¹ (ARMECIN *et al.*, 2005). No entanto, para essa espécie, foram evidenciados em alguns estudos, prejuízos em sua produção de biomassa em condições de sombreamento (BARBOSA, 2012). Guerra *et al.* (2007), também observaram que o segundo corte do calopogônio manejado como cobertura viva, não pôde ser realizado devido a sua alta sensibilidade ao ataque de

pragas e ao próprio corte.

Diferentemente do calopogônio, as leguminosas forrageiras herbáceas amendoim forrageiro, centrosema e kudzu tropical são indicadas para a associação com *Eucalyptus grandis*, sendo a centrosema, segundo Nicodemo *et al.* (2015) a que apresentou maior rendimento total de matéria seca e continuou a predominar durante mais de 23 meses, mostrando sua adaptação as condições locais de seca sazonal e sombra intensa.

Leguminosas arbóreas podem também ser utilizadas. De acordo com Sampaio *et al.* (2015), o consórcio das leguminosas arbóreas ingá, sombreiro e leucena com a abóbora se mostrou eficiente em parâmetros como disponibilização de N e K, matéria orgânica e biomassa para proteção do solo.

Uso de leguminosas como fonte de N

Considerando a fixação biológica de N₂ pelas leguminosas, vários estudos avaliam o potencial dessas plantas em substituir total ou parcialmente a aplicação de N sintético de fontes não renováveis que demandam elevado custo ambiental para sua produção (JENKINSON, 1985) e ainda podem acarretar prejuízos ao solo (RUIDISCH *et al.*, 2013).

Nesse sentido, Jensen *et al.* (2012), afirmam que a introdução de leguminosas em rotações de culturas é um meio viável de reduzir a atual dependência de fertilizantes nitrogenados sintéticos, proporcionando diferentes serviços ecossistêmicos. Plaza-Bonilla *et al.* (2015) ainda destacam a importância da inclusão de culturas de cobertura mesmo em rotações com leguminosas de grãos, para valorizar, tanto quanto possível o aumento de N mineral do solo pela fixação biológica.

Segundo Teixeira *et al.* (2014), a leguminosa anual feijão de porco, amplamente usada como planta de cobertura, acumulou 25,9 e 10,9 g kg⁻¹ de N e Ca, respectivamente, valores considerados altos, principalmente considerando uma produção de biomassa de 8,9 Mg ha⁻¹ e com isso um aporte de N superior a 97 kg ha⁻¹.

Perin *et al.* (2004), encontraram no primeiro e segundo cortes do kudzu tropical 25,0 e 31,19 g kg⁻¹ de N, respectivamente, valores que correspondem a adição de 191,9 kg ha⁻¹ de N ao solo, quando considera-se o total de massa seca produzida nos dois cortes. Segundo Kaho *et al.* (2009), essa mesma espécie aportou em 12 meses 124,03

Mg ha⁻¹ de N, sendo a melhor cobertura em termos de supressão de plantas daninhas e como produtora de substanciais quantidades de N reciclado para as culturas subseqüentes. Segundo Espindola *et al.* (2006b) além do kudzu, o siratro e o amendoim forrageiro se destacaram pelos elevados teores de N em comparação a gramínea grama guiné. Para a leguminosa calopogônio Teodoro *et al.* (2011), também relataram teores de N aproximados (25,55 g kg⁻¹), que é considerado alto.

No caso da inclusão de leguminosas em pomares, Neto *et al.* (2008), afirmam que na associação de leguminosas perenes com a laranjeira, o estilosantes proporcionou aumento da concentração foliar de N da laranja em relação à cobertura com vegetação intercalar composta por *Brachiaria ruziziensis*. Segundo Srivastava *et al.* (2007), pomares de citros consorciados com leguminosas também mantiveram níveis mais elevados de nutrientes foliares (2,35% N) em comparação as plantas sob monocultivo (2,29% N). Nas condições edafoclimáticas da Chapada do Apodi – CE, Pereira (2009), concluiu que a produtividade das bananeiras associadas às leguminosas foi equivalente à dose de 220 g de N planta⁻¹ ano⁻¹, confirmando o potencial das leguminosas como fonte de N.

A mineralização do N proveniente das leguminosas

A mineralização do N de compostos orgânicos pode ser entendida como o processo dependente da ação microbiana do solo, no qual o N orgânico é transformado, a velocidades variáveis, em N inorgânico (HUTCHISON; WALWORTH, 2007). Vários são os fatores que afetam a cinética da mineralização do N do solo, dentre os quais estão a composição das leguminosas utilizadas, as práticas de manejo empregadas no cultivo, condições edáficas, temperatura, umidade, acidez/alcalinidade, fertilidade do solo, relação carbono:nitrogênio (C:N) (LI *et al.*, 2013; RAPHAEL *et al.*, 2012; CARDOSO *et al.*, 2011; ZECH *et al.*, 1997), e teores de lignina, que é apresentado em alguns estudos como o principal indicador de predição da taxa de mineralização do N inorgânico do solo (VAHDAT *et al.*, 2011).

Geralmente há tendência de rápida mineralização inicial do N do tecido das leguminosas em razão da baixa relação C:N dessas plantas, exemplo disso é a ervilhaca que possui relação C:N igual a 12 (PLAZA-BONILLA *et al.*, 2016). A decomposição é também maior quanto menor for o teor de lignina (LI *et al.*, 2013; FABIAN, 2009), e a

liberação de N do tecido de plantas de cobertura leguminosas pode também se correlacionar com os teores de C e hemicelulose (ESPINDOLA *et al.*, 2006a). Balota *et al.* (2014), mostraram que a relação C:N de culturas de cobertura de inverno afetam o nível de sua decomposição, sendo que baixa relação C:N promove decomposição mais rápida em leguminosas (tremoço e ervilhaca) e alta relação C:N promove a decomposição lenta em gramíneas (aveia e trigo).

Mbuthia *et al.* (2015) demonstram que em longo prazo, o plantio direto e o uso de plantas de cobertura (ervilhaca ou trigo) sob uma monocultura de algodão proporcionaram maiores teores de C e N no solo em comparação ao tratamento sem plantas de cobertura e nos com aplicações de taxas mais baixas de N, sendo observado aumento de 13% na produtividade do algodão sob plantio direto com ervilhaca.

Segundo Kuzyakov *et al.* (2010), resíduos de leguminosas não só aumentam o N mineral do solo e sua disponibilidade, mas também interferem na decomposição da matéria orgânica do solo nativo. Plaza-Bonilla *et al.* (2016), mostraram que a utilização das leguminosas ervilha e soja, atenuou a perda de C do solo em 13 e 67% ao se incorporar leguminosas nos tratamentos com três rotações de culturas de 3 anos, com uma leguminosa de grão e duas leguminosas de grãos, respectivamente.

A velocidade da mineralização do N depende ainda da localização dos resíduos e das diferenças na umidade do solo. Segundo Li *et al.* (2013) as taxas de mineralização do N para os resíduos de soja e milho, colocados na superfície do solo foram maiores do que quando os mesmos foram incorporados ao solo. Em seu estudo Espindola *et al.* (2006a) também mostraram que ocorrem variações nos tempos de meia vida para a decomposição das leguminosas kudzu tropical, amendoim forrageiro e siratro entre a estação seca e chuvosa, sendo os maiores tempos de meia vida da decomposição encontrados na estação seca, os quais corresponderam a 68, 36 e 68, para o kudzu tropical, amendoim forrageiro e siratro, respectivamente.

Segundo Teixeira *et al.* (2014) o feijão de porco apesar de ser um dos maiores produtores de massa seca, mostrou elevada taxa de decomposição, pois 84 dias após o corte, sua cobertura era de 52%, em comparação aos 81% observados no dia do corte. Tais resultados demonstram a dinâmica de liberação do N desses resíduos e sugere a dificuldade de sincronizá-la á demanda pelas culturas, justificando em parte a baixa substituição de N mineral por essas plantas.

No primeiro ciclo da bananeira associada a legumes perenes, Barbosa *et al.* (2013) encontraram que apesar do bom desempenho das leguminosas em elevar a produtividade da bananeira, as plantas adubadas com N mineral (ureia) atingiram maior produtividade. Um estudo com a cultura do milho também mostrou que mesmo com efeitos positivos do pré-cultivo de leguminosas, o rendimento no tratamento com aplicação de N mineral foi maior, possivelmente pela influencia do curto tempo de mineralização do N das leguminosas (KRAMBERGER *et al.*, 2009).

Apesar das variações na disponibilidade do N de leguminosas em curto prazo, sabe-se que estas podem ser sanadas em longo prazo, tendo em vista que quanto maior o tempo de deposição de resíduos de leguminosas, maior o acúmulo de N no solo (MAZZONCINI *et al.*, 2011); o que faz crer que a utilização de plantas de cobertura leguminosa é uma estratégia válida para o manejo do N do solo, sobretudo em médio e longo prazo. Portanto adequada para cultivos perenes e semiperenes como os bananais.

Melhoria da qualidade do solo com a utilização de leguminosas

O termo qualidade do solo tem ganhado destaque, principalmente com o reconhecimento da necessidade da sustentabilidade agrícola e segundo a FAO (2015), deve incluir alguns critérios baseados na gestão sustentável da terra, tais como: manutenção da produtividade, da qualidade dos recursos do solo e da viabilidade econômica.

Dentre os parâmetros utilizados na avaliação da qualidade do solo, atributos microbiológicos como a respiração basal, a biomassa microbiana e o teor de matéria orgânica são consideradas importantes por contribuírem para a melhoria das propriedades do solo que afetam a produção agrícola, interferindo na sustentabilidade dessa atividade e na qualidade do meio ambiente como um todo (NAIR; NGOUAJIO, 2012; POWLSON *et al.*, 2012).

Vários estudos demonstram o incremento da matéria orgânica do solo (MOS) com a utilização de leguminosas na forma de consórcios ou como culturas de cobertura (NUNES *et al.*, 2011; BEEDYA *et al.*, 2010). Esses estudos destacam melhorias na estrutura, aumentos na condutividade hidráulica e umidade do solo com a utilização de manejos envolvendo leguminosas (HUBBARDA; STRICKLAND; PHATAK, 2013).

Além disso, o manejo com culturas de cobertura leguminosas pode incrementar o carbono orgânico do solo e estimular o crescimento da biomassa microbiana (NAIR; NGOUAJIO, 2012; NUNES *et al.*, 2011). Hubbard, Strickland e Phatak (2013), destacaram que a utilização de leguminosas em plantio direto aumentou os níveis de C e N do solo proporcionando melhorias na estrutura física do solo. Segundo Li *et al.* (2013) no plantio direto, a adição de leguminosas aumentou as concentrações de C e N em cada uma das frações leves da matéria orgânica do solo (MOS), embora a MOS total tenha mudado pouco nos dois anos do experimento por eles conduzido.

Mbuthia *et al.* (2015), verificaram que em longo prazo, plantio direto e uso de plantas de cobertura sob uma monocultura de algodão trouxeram mudanças significativas na estrutura da comunidade microbiana, atividade e condições que favorecem o ciclo de C, N e P em comparação com aqueles sob práticas de preparo convencional. Os autores também sugerem que a cultura de cobertura ervilha traz melhorias à qualidade do solo, semelhantes à utilização de alta adubação com N inorgânico.

Estudos desenvolvidos no sul do Brasil por Balota *et al.* (2014), indicam que leguminosas como a ervilhaca, conduzidas no sistema de plantio direto, além de incrementarem a biomassa microbiana, aumentaram a atividade das enzimas fosfatase e arilsulfatase (importantes para a mineralização do P e S), o conteúdo de polissacarídeo do solo em comparação ao tratamento de pousio e a eficiência de uso do carbono em relação ao manejo convencional.

Em anos recentes, é abordado na literatura variações negativas na diversidade e número de indivíduos da fauna edáfica, composta por organismos que atuam na decomposição da matéria orgânica, como resultado das práticas de cultivo inadequadas e das mudanças físicas causadas no ambiente solo (CROTTY *et al.*, 2015; HEDÊNEC *et al.*, 2014; NEHER *et al.*, 2012; NOGUEIRA, 2006), fazendo com que a fauna edáfica seja também considerada um indicador da qualidade dos solos (JEREZ-VALLE *et al.*, 2014). Nesse sentido plantas de cobertura tem fundamental importância, pois segundo Hedêneec *et al.* (2014), a abundância e diversidade da fauna do solo é responsiva a qualidade do material vegetal adicionado ao solo e que plantas com menor relação C:N, como as leguminosas, afetam as comunidades de artrópodes.

Além dos aspectos supracitados, outros fatores ambientais que refletem negativamente na qualidade do solo, foram mitigados por leguminosas manejadas com plantas de cobertura. É o caso do uso de herbicidas. Segundo Webster *et al.* (2013)

plantas de cobertura associadas ao algodoeiro foram capazes de suprimir de 40 a 88% o crescimento de *Amaranthus Palmeri*, uma erva daninha resistente ao glifosato. Noutro estudo, Plaza-Bonilla *et al.* (2015) mostraram que a incorporação de plantas de cobertura em rotações, incluindo as leguminosas soja e ervilhaça foram capazes de mitigar a lixiviação de nitratos e de reciclar o N, incrementando os rendimentos da cultura subsequente.

Comparação do manejo convencional e com utilização de leguminosas, com ênfase na cultura da bananeira

Em todo o mundo a bananicultura se destaca como uma das mais importantes culturas agrícolas, sendo cerca de 87% das bananas mundiais produzidas por pequenos produtores e vendidas nos mercados locais ou regionais (FAOSTAT, 2013). Assim ocorre no Brasil, onde se estima que aproximadamente 60% da produção de banana sejam provenientes da agricultura familiar (EMBRAPA, 2009).

O sistema de manejo empregado nos cultivos de banana é principalmente o convencional, que se caracteriza pelo preparo intensivo do solo; pelo monocultivo e pelo uso de fertilizantes sintéticos e agroquímicos, que são práticas geralmente associadas a vários impactos negativos ao ambiente e principalmente ao solo (PLOETZ, 2015; FUSILERO *et al.*, 2013; TSCHARNTKE *et al.*, 2012). Reforçar literatura

Uma prática particularmente interessante em bananais convencionais se refere à deposição dos restos culturais nas entrelinhas das plantas, o que favorece a cobertura do solo e o aporte de matéria orgânica. Além disso, segundo Raphael *et al.* (2012) restos culturais da bananeira-mãe contribuíram com 19% (14 kg N ha^{-1}) do N em cachos da planta filha e 18% (39 kg ha^{-1}) de todo o N da planta.

Apesar de tais fatos, a utilização de fertilizantes sintéticos e outros insumos parecem reduzir a sustentabilidade da produção agrícola. Segundo Geng *et al.* (2015), ao avaliar a utilização de ureia em longo prazo (sete anos), encontraram reduções significativas na eficiência de utilização desse fertilizante (média menor que 30%) e no pH do solo, quando as taxas de aplicação da ureia foram aumentadas, fato que pode trazer implicações negativas para a disponibilidade de outros nutrientes essenciais para as plantas.

Outros estudos comprovam que aplicações sistemáticas de grandes quantidades

de fertilizantes nitrogenados, como ocorrem em cultivos convencionais, pode causar excessos de fertilização e reduzir a eficiência de absorção desse nutriente, acarretando efeitos negativos na planta e para o ambiente (FERNÁNDEZ-ESCOBAR *et al.*, 2014). Pattison *et al.* (2011) também encontraram que após alguns ciclos de cultivo, solos cultivados convencionalmente com bananeiras, geralmente, apresentam alta abundância de nematóides parasitas de plantas.

Aplicações de N via fertilizantes sintéticos também aumentam os riscos de contaminação das águas do lençol freático pela lixiviação de nitrato, principalmente quando são realizadas irrigações além das exigências das culturas ou mesmo após a ocorrência de elevadas precipitações (ZHU *et al.*, 2005). Perdas por escoamento, por emissões de amônia e gases de efeito estufa são igualmente relatadas (GALLOWAY *et al.*, 2008; SPIERTZ, 2010).

Em uma análise ambiental da cadeia de valor da banana através da pegada de carbono (CO₂ produzido por determinada atividade e libertado para a atmosfera), Roibás, Elbehri e Hospido (2015), evidenciaram que a pegada de carbono de bananas cultivadas em fazendas convencionais (302g CO₂ kg⁻¹ de banana) é maior do que as cultivadas de forma orgânica (249 g CO₂ kg⁻¹ de banana), principalmente devido às maiores quantidades de fertilizantes nitrogenados aplicados no primeiro caso.

Como já descrito nesta revisão, manejos que utilizam plantas de cobertura leguminosas podem ser uma alternativa viável de substituição do N sintético em bananais e podem agregar diversas outras vantagens ambientais. Por exemplo, nas condições semiáridas de Pentecoste (CE), o primeiro ciclo de produção da bananeira Prata anã consorciada com as leguminosas kudzu tropical e calopogônio manejadas como coberturas vivas, garantiu produtividades superiores a 22,0 Mg ha⁻¹ e proporcionou aporte de N superior a 160 kg ha⁻¹ devido aos cortes das plantas de cobertura (BARBOSA *et al.*, 2013; BARBOSA, 2012).

Trabalhando com consórcio de bananeira e leguminosas perenes como cobertura viva, Espindola *et al.* (2006a), concluíram que o consórcio com o kudzu tropical proporcionou aos 12 meses, bananeiras com o dobro da altura daquelas encontradas sob o consórcio com a vegetação espontânea adubada com N. Os autores recomendam essa espécie como uma alternativa promissora para a fertilização do solo, adubação e nutrição das plantas de bananeira. Pereira (2009) consorciando leguminosas com a

bananeira Pacovan apontou a *Crotalaria juncea* como bastante promissora, pelo maior aporte de biomassa dessa espécie.

Na associação de leguminosas com a *Musa textilis* Nee (abacá), ARMECIN *et al.* (2005) encontraram que as leguminosas *Desmodium ovalifolium* e *Calopogonium muconoides* aumentaram significativamente os comprimentos do caule e das folhas da abacá. Além disso, parcelas com *Desmodium* apresentaram maior percentagem de agregados > que 2 mm em relação ao controle e a outras plantas de cobertura e aumentou o teor de N e a matéria orgânica do solo na última fase de crescimento do planta em comparação com as parcelas sem cobertura do solo.

Indo pelo viés fitossanitário Chauvin *et al.* (2015), afirmaram que em um bananal a inclusão da biomassa das leguminosas *Crotalaria zanzibarica* e *Paspalum notatum* foi eficiente para o controle de nemátodes parasitas da bananeira, sendo que tais plantas induziram a sucessão de nematóides funcionais e favoreceu o processo para a decomposição de fungos no solo, além disso a crotalaria apresentou potencial para uso como adubo verde, uma vez que aumentou o teor de nitrogênio mineral do solo 45 dias após sua incorporação no solo.

Vale destacar que atenção deve ser dada ao manejo empregado no cultivo das plantas de coberturas. Na África Oriental são observados com frequência efeitos negativos na produtividade de bananeiras em sistemas consorciados entre banana com feijão. Nestes sistemas, o solo é lavrado manualmente duas vezes por ano, antes do plantio de feijão com efeitos potencialmente prejudiciais para o sistema radicular superficial de banana, sendo o plantio direto nesse caso o mais indicado (MULIELE; BIELDERS; VAN ASTEN, 2015).

REFERÊNCIAS

- ARMECIN, R. B.; SECO, M. H. P.; CAINTIC, P. S.; MILLEZA, E. J. M. Effect of leguminous cover crops on the growth and yield of abaca (*Musa textilis* Nee). **Industrial Crops and Products**, v. 21, p 317–323, 2005.
- AMOSSÉA, C.; JEUFFROY, M. H.; CELETTEA, F.; DAVIDA, C. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. **Europ. J. Agronomy**, v. 49, p. 158–167, 2013.
- BALOTA, E. L.; CALEGARI, A.; NAKATANI, A. S.; COYNE, M. S. Benefits of winter cover crops and no-tillage for microbial parameters in a Brazilian Oxisol: A long-term study. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 197, p. 31–40, 2014.
- BARBOSA, F. E. L.; LACERDA, C. F. de; FEITOSA, H. de O.; SOARES, I.; ANDRADE FILHO, F. L. de; AMORIM, A. V. Crescimento, nutrição e produção da bananeira associados a plantas de cobertura e lâminas de irrigação. **R. Bras Eng Agríc Ambiental**, v.17, p.1271–1277, 2013.
- BARBOSA, F. E. L. **Crescimento, fisiologia e produção da bananeira prata anã associada a plantas de cobertura e lâminas de irrigação**. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- BEEDYA, T. L.; SNAPP, S. S.; AKINNIFESI, F. K.; SILESHI, G. W. Impact of *Gliricidia sepium* intercropping on soil organic matter fractions in a maize-based cropping system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 138, p. 139–146, 2010.
- BRYAN, H. H.; ABDUL-BAKI, A. A.; REEVES, J. B.; CARRERA, L. M.; KLASSEN, W.; ZINATI, G.; CODALLO, M. Perennial *arachis spp.* as a Multipurpose living mulch, ground cover and forage. *Jornal of vegetable crop production*, **Binghamton**, v. 7, p. 113-116, 2001.
- CARDOSO, E. G.; SÁ, J. C. de M.; BRIEDIS, C.; FERREIRA, A. de O.; BORSZOWSKI, P. R.; SANTOS, J. B.; MASSINHAM, A.; FERREIRA, C. F.; SIUTA JÚNIOR, D.; BARANEK, E. J. Nitrogen dynamics in soil management systems: II - mineralization and nitrification rates. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 35, p. 1651-1660, 2011.
- CHAUVIN, C.; DOREL, M.; VILLENAVE, C.; ROGER-ESTRADED, J.; THURIESE, L.; JEAN-MICHEL, R. Biochemical characteristics of cover crop litter affect the soil food web, organic matter decomposition, and regulation of plant-parasitic nematodes in a banana field soil. **Applied Soil Ecology**, v. 96, p. 131–140, 2015.
- COSTA, M. B. B. (coord) **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.
- CROTTY, F. V.; FYCHAN, R.; SCULLION, J.; SANDERSON, R.; MARLEY, C. L. Assessing the impact of agricultural forage crops on soil biodiversity and abundance. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 91, p.119-126, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas. **Curso de bananicultura irrigada**. Cruz das Almas: 2009. 215p.

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

ESPINDOLA, J. A. A.; J. A. A.; GUERRA; PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L. de; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R. N. B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.3, p.415-420, 2006b.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. Uso de Leguminosas Herbáceas para Adubação Verde. *In*: AUINO, A. M. ; ASSIS, R. L. (org.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. v. 2, p. 435-451.

ESPINDOLA, J. A. A. **Avaliação de leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva do solo e sua influência sobre a produção da bananeira (*Musa spp.*)**. 2001. 144p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001.

ESPINOZA, S.; OVALLE, C.; ZAGAL, E.; MATUS, I.; TAY, J.; PEOPLES, M.B.; DEL POZO, A. Contribution of legumes to wheat productivity in Mediterranean environments of central Chile. **Field Crops Research**. v.133, p. 150–159, 2012.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2009.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 10p (Embrapa Soja. Circular Técnica, 48).

FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; ANTONAYA-BAENA, M.F.; SÁNCHEZ-ZAMORA, M.A.; MOLINA-SORIA, C. The amount of nitrogen applied and nutritional status of olive plants affect nitrogen uptake efficiency. **Scientia Horticulturae**. v. 167, p. 1–4, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Faostat**. Disponível em:< <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 10 de outubro de 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Faostat**. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/home/index.html>>. Acesso em: 23 de maio de 2013.

FUSILERO, M. A.; MANGUBAT, J.; RAGAS, R. E.; BAGUINON, N.; TAYA, H.; RASCO JR, E. Weed management systems and other factors affecting the earthworm population in a banana plantation. **European Journal of Soil Biology**, v.56, p. 89-94, 2013.

GALLOWAY, J.N.; TOWNSEND, A.R.; ERISMAN, J.W.; BEKUNDA, M.; CAI, Z.; FRENEY, J.R.; MARTINELLI, L.A.; SEITZINGER, S.P.; SUTTON, M.A. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. **Science**. v. 320, p. 889–892, 2008.

- GENG, J.; SUN, Y.; ZHANG, M.; LI, C.; YANG, Y.; LIU, Z.; LI, S. Long-term effects of controlled release urea application on crop yields and soil fertility under rice-oilseed rape rotation system. **Field Crops Research**. v. 184, p. 65–73, 2015.
- GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L. de; DE ASSIS, R. L. **Desempenho de leguminosas tropicais perenes como plantas de cobertura do solo**. Brasília: Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 39p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).
- HEDĚNEC, P.; NOVOTNY, D.; USTAK, S.; CAJTHAML, T.; SLEJSKA, A.; SIMAČKOVA, H.; HONZÍK, R.; KOVAŘOVA, M.; FROUZ, J. The effect of native and introduced biofuel crops on the composition of soil biota communities. **Biomass and bioenergy**, v. 60, p.137 e146, 2014.
- HUBBARD, R. K.; STRICKLAND, T. C.; PHATAK, S. Effects of cover crop systems on soil physical properties and carbon/nitrogen relationships in the coastal plain of southeastern USA. **Soil & Tillage Research**. v. 126, p. 276–283, 2013.
- HUTCHISON, C. M. W.; WALWORTH, J. L. Evaluating the effects of gross nitrogen mineralization, immobilization, and nitrification on nitrogen fertilizer availability in soil experimentally contaminated with diesel. **Biodegradation**, v. 18, p. 133-144, 2007.
- JENKINSON, D. S.; FOX, R. H.; RAYNER, J. H. **Interaction between fertilizer nitrogen and soil nitrogen. The so-called “priming” effect**. London: Journal Soil Science, v. 36, p. 425-444, 1985.
- JENSEN, E. S.; PEOPLES, M. B.; BODDEY, R. M.; GRESSHOFF, P. M.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; ALVES, B. J. R.; MORRISON, M. J. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. **A review. Agron. Sustainable Dev.** v. 32, 329–364, 2012.
- JEREZ-VALLE, C.; GARCÍA, P. A.; CAMPOS, M.; PASCUAL, F. A simple bioindication method to discriminate olive orchard management types using the soil arthropod fauna. **Applied Soil Ecology**, v.76, p. 42–51, 2014.
- KAHO, F.; NA-AH, G. N.; YEMEFACK, M.; YONGUE-FOUATEU, R.; AMANG-ABANG, J.; BILONG, P.; TONYÉ, J. Screening of seven plant species for short-term improved fallows in the humid forest zone of cameroon. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.40, p. 1161–1170, 2009.
- KRAMBERGER, B.; GSELMAN, A.; JANZEKOVIC, M.; KALIGARIC, M. & BRACKO, B. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. **Eur. J. Agron.**, v. 31, p.103-109, 2009.
- KUZYAKOV, Y. Priming effects: interactions between living and dead organic matter. **Soil Biol. Biochem.** 42, 1363–137, 2010.
- LI, L. J.; LU-JUN, L.; XIAO-ZENG, H.; MENG-YANG, Y.; YA-RU, Y.; XUE-LI, D.; YUN-FA, Q. Carbon and nitrogen mineralization patterns of two contrasting crop residues in a Mollisol: Effects of residue type and placement in soils. **European Journal of Soil Biology**, v. 54, p. 1-6, 2013.
- MAZZONCINI, M.; SAPKOTA, T. B.; BÀRBERI, P.; ANTICHI, D.; RISALITI, R. Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content. **Soil & Tillage Research**. v. 114, P. 165–174, 2011.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. Os sistemas agrários sem alqueive das regiões temperadas, A primeira revolução agrícola dos tempos modernos. IN:_. História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea. [tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. – São Paulo: Editora UNESP; Brasília, DF: NEAD, 2010. cap. 8, p.353-396.

MBUTHIA, L. W.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; DE BRUYN, J.; SCHAEFFER, S.; TYLER, D.; ODOI, E.; MPHESHEA, M.; WALKER, F.; EASH, N. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 89, p. 24 -34, 2015.

MULIELE, M.T.; BIELDERS, C.L.; VAN ASTEN, P.J.A. Short- and medium-term impact of manual tillage and no-tillage with mulching on banana roots and yields in banana-bean intercropping systems in the East African Highlands. **Field Crops Research**, v. 171, p. 1–10, 2015.

NAIR, A.; NGOUAJIO, M. Soil microbial biomass, functional microbial diversity, and nematode community structure as affected by cover crops and compost in an organic vegetable production system. **Applied Soil Ecology** . v. 58, p. 45–55, 2012.

NEHER, D. A.; WEICHT, T. R.; BARBERCHECK, M. E. Linking invertebrate communities to decomposition rate and nitrogen availability in pine forest soils. **Appl. Soil Ecol.** v. 54, p. 14–23. 2012.

NETO, R. C. A.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.124–130, 2010.

NETO, H. B.; FILHO, R. V.; MOURÃO FILHO, F. de A. A.; MENEZES, G. M. de; CANALI, E. Estado nutricional e produção de laranja 'Pêra' em função da vegetação intercalar e cobertura morta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.29-35, 2008.

NICODEMO, M. L. F.; SOUZA, F. H. D. DE; PEZZOPANE, J. R. M.; MENDES, J. C. T.; BARIONI JÚNIOR, W. Establishment techniques for tropical legumes in the understory of a eucalyptus plantation. **Revista Árvore**, v.39, p.345-352, 2015.

NOGUEIRA, R. M. **Utilização de pseudocaule de bananeira como cobertura morta de solos cultivados com laranja lima (*Citrus sinensis* Osbeck) e mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob manejo orgânico de produção, em Seropédica, RJ.** 2006. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2006.

NUNES, R. de S.; LOPES, A. A. de C.; SOUSA, D. M. G. DE; MENDES, I. DE C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 35, p. 1407-1419, 2011.

OLIVEIRA, F. L.; RIBEIRO, R. L. D.; SILVA, V. V.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Desempenho do inhame (taro) em plantio direto e no consórcio com crotalaria, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 472-475, 2004.

OLIVEIRA, F. L.; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; GUERRA, J. G.M.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D. Uso do pré-cultivo de *Crotalaria juncea* e de doses crescentes de “cama” de aviário na produção do repolho sob manejo orgânico. **Agronomia**, v.37, p.60 - 66, 2003.

PLAZA-BONILLA, D.; JEAN-MARIE, N.; PASSOTA, S.; RAFFAILLACA, D.; JUSTESA, E. Grain legume-based rotations managed under conventional tillage need cover crops to mitigate soil organic matter losses. **Soil & Tillage Research**, v. 156, p. 33–43, 2016.

PLAZA-BONILLA, D.; JEAN-MARIE, N.; RAFFAILLACA, D.; JUSTESA, E. Cover crops mitigate nitrate leaching in cropping systems including grain legumes: Field evidence and model simulations. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 212, p. 1–12, 2015.

PATTISON, A. B.; BADCOCK, K.; SIKORA, R. A. Influence of soil organic amendments on suppression of the burrowing nematode, *Radopholus similis*, on the growth of bananas. **Australas. Plant Pathol**, v. 40, p. 385–396, 2011.

PERREIRA, N. S. **Utilização de leguminosas como fonte de nitrogênio para a cultura da bananeira**. 2009. 49f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 35-40, 2004.

POEIRAS, L. M.; CARMO, F. M. S. A serapilheira de *Eucalyptus grandis* E. Hill influencia o desenvolvimento das plantas e a nodulação radicular em algumas leguminosas. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. Anais... Caxambu: 2007. 2p. Available at: < <http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/1802.pdf>>. Accessed Oct. 11, 2013.

POWLSON, D. S.; BHOGAL, A.; CHAMBERS, B. J.; COLEMAN, K.; MACDONALD, A. J.; GOULDING, K. W. T.; WHITMORE, A. P. The potential to increase soil carbon stocks through reduced tillage or organic material additions in England and Wales: a case study. **Agric. Ecosyst. Environ**, v. 146, p. 23-33, 2012.

PLOETZ, R. C. Management of Fusarium wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4. **Crop Protection**, v. 73, p. 7-15, 2015.

RAPHAEL, L.; SIERRA, J.; RECOUS, S.; OZIER-LAFONTAINE, H.; DESFONTAINES, L. Soil turnover of crop residues from the banana (*Musa AAA* cv. Petite-Naine) mother plant and simultaneous uptake by the daughter plant of released nitroge. **Europ. J. Agronomy**. v.38, p. 117–123, 2012.

ROCHA, N. S.; ALMEIDA, J. C. C.; SILVA, T. O.; REIS, J. R. L. C. V.; COSTA, Z. S.; FERREIRA, T. C.; GRASSI, P. H.; ARAÚJO, R. P.; ABREU, J. B. R. (2007) Produção de matéria seca, proteína bruta e matéria mineral de quatro leguminosas forrageiras tropicais submetidas a quatro níveis de sombreamento. In: XVII Congresso Brasileiro de Zootecnia, Londrina, PR, Brasil.

ROIBÁS, L.; ELBEHRI, A.; HOSPIDO, A. Evaluating the sustainability of Ecuadorian bananas: Carbon footprint, water usage and wealth distribution along the supply chain. **Sustainable Production and Consumption**, V. 2, p. 3–16, 2015.

RUIDISCH, M.; BARTSCH, S.; KETTERING, J.; HUWE, B.; FREI, S. The effect of fertilizer best management practices on nitrate leaching in a plastic mulched ridge cultivation system. **Agr Ecosyst Environ**, v, 169, p. 21–32, 2013.

- SAMPAIO, L. R.; ARAÚJO, J. R. G.; SOUSA, E. H. S.; FERRAZ JÚNIOR, A. S. L.; ARAUJO, A. M. S. Cultivo de abóbora, suplementada com biofertilizante, em aléias de leguminosas arbóreas. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 40-44, 2015.
- SPIERTZ, J. H. J. Nitrogen, sustainable agriculture and food security. A review. **Agron. Sustain. Dev.**, v. 30, p. 43-55, 2010.
- SRIVASTAVA, A. K.; HUCHCHE, A. D.; RAM, L.; SINGH, S. Yield prediction in intercropped versus monocropped citrus orchards. **Scientia Horticulturae**, v. 114, p. 67-70, 2007.
- TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; WANGER, T. C.; JACKSON, L.; MOTZKE, I.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WHITBREAD, A. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. **Biol Conservation**. v.151, p.53-59, 2012.
- TEIXEIRA, R. A.; SOARES, T.G.; FERNANDES, A. R.; BRAZ, A. M. de S. Grasses and legumes as cover crop in no-tillage system in northeastern Pará Brazil. **Acta Amazonica**, v. 44, p. 411 – 418, 2014.
- TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L. de; SILVA, D. M. N. da; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p. 292-300, 2011.
- TIMPER, P.; DAVIS, R. F.; TILLMAN, P. G. Reproduction of Meloidogyne cover crops used in cotton production. **Journal of Nematology**, v. 38, p. 83-89, 2006.
- VAHDAT, E.; NOURBAKHSI, F.; BASIRI, M. Lignin content of range plant residues controls N mineralization in soil. **European Journal of Soil Biology**, v. 47, p. 243-246, 2011.
- WEBSTER, T. M.; SCULLY, B.T.; GREY, T. L.; CULPEPPER, A. S. Winter cover crops influence *Amaranthus palmeri* establishment. **Crop Protection**, v. 52, p.130-135, 2013.
- ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T. M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v.79, p. 117-161, 1997.
- ZHU, A.; ZHANG, J.; ZHAO, B.; CHENG, Z.; LI, L. Water balance and nitrate leaching losses under intensive crop production with Ochric Aquic Cambosols in North China Plain. **Environment International**, v. 31, p. 904 – 912, 2005.

Capítulo II

CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA DA BANANEIRA ASSOCIADA COM PLANTAS DE COBERTURA E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Resumo: A demanda mundial por alimentos e a necessidade de conservação dos solos sugere o aumento da produtividade das culturas por meio de manejos sustentáveis. Ante isso, objetivou-se avaliar o crescimento, a produtividade e a viabilidade econômica em três ciclos da bananeira cv. Prata Anã em associação com leguminosas herbáceas perenes, no manejo de coberturas vivas. A pesquisa foi desenvolvida em campo, utilizando delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram formadas por quatro lâminas de irrigação: 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração da cultura (ET_c), as subparcelas pelo manejo: convencional (com adubação nitrogenada e ausência de plantas de cobertura) e com as plantas de cobertura calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.); kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* Benth.) e vegetação espontânea e as subsubparcelas pelo segundo, terceiro e quarto ciclos de produção da bananeira. Foi avaliada a altura, circunferência do pseudocaule, peso dos frutos, número de frutos por cacho, produtividade, além da viabilidade econômica do cultivo para um período de sete anos. O manejo convencional proporcionou maior crescimento, produção e viabilidade econômica no cultivo da bananeira Prata Anã. Manejos com plantas de cobertura leguminosas são também viáveis economicamente, sendo capazes de proporcionar lucros antes da metade dos anos considerados no investimento.

Palavras-chave: leguminosas perenes, *Musa spp.*, nitrogênio.

GROWTH, PRODUCTION AND ECONOMIC VIABILITY OF BANANA MANAGED WITH COVER CROPS AND IRRIGATION DEPTH

Abstract: The global demand for food and land conservation suggests the crop rise through sustainable management. That being said, the goal of this chapter is to evaluate the growth, productivity and economic viability in three banana cycles cv Prata Anã in

association with perennial herbaceous legumes in the management of living roofs. The research was conducted in the field using a randomized block design with split plots with four replications. The plots were made up of four irrigation levels: 50%, 75%, 100% and 125% of crop evapotranspiration (ETc), the subplots by conventional management (with nitrogen fertilization and lack of cover crops) and management with plant coverage: calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.), tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides* Benth.) and spontaneous vegetation and subplots the second, third and fourth banana production cycles. It was evaluated the height, pseudo-stem circumference, fruit weight, number of fruits per bunch, productivity, and economic viability of farming for a period of seven years. The conventional tillage provided greater growth, yield and economic viability in the cultivation of banana Prata Anã. Managements with legume cover crops are also economically viable and are able to provide profits before mid-considered investment.

Keywords: perennial legumes, *Musa spp.*, nitrogen.

INTRODUÇÃO

O futuro da produção mundial de alimentos dependerá de muitos fatores, dentre os quais estão: a crescente demanda por alimentos, a redução das terras agricultáveis, a necessidade de conservação dos solos e as mudanças climáticas globais. Diante desse panorama, já existem previsões sobre mudanças nos locais e reduções na extensão de áreas de cultivo de bananeira nos próximos 50 anos, em função das mudanças climáticas (MACHOVINA; FEELEY, 2013).

Segundo a FAO (2015), a banana é a segunda fruta mais produzida no mundo e a terceira mais produzida em países sul americanos, como o Brasil, que foi o quinto maior produtor da fruta em 2012. Apesar disso, a média mundial de produtividade da cultura é $14,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, sendo considerada baixa (FAO, 2015). Valores superiores a esse foram registrados em alguns países e até entre regiões de um mesmo país. É o caso na Indonésia, onde a produtividade gira em torno de 59 Mg ha^{-1} e de São Paulo, no Brasil, cuja produtividade média da bananicultura na safra 2014/2015 foi de $21,05 \text{ Mg ha}^{-1}$ (IEA, 2015), superior a registrada na Bahia (região nordeste), correspondente a 14 Mg ha^{-1} (IBGE, 2011).

São muitos os fatores que contribuem para os baixos rendimentos, tais como: desuso de técnicas adequadas no preparo de solo, baixa qualidade das mudas, baixa fertilidade dos solos, baixas precipitações e fluxo de caixa (CHOPIN e BLAZY, 2013; MACHOVINA e FEELEY, 2013).

Nesse contexto, uma maneira possível, apesar de menos sustentável, de aumentar a produtividade da bananicultura é a intensificação do uso de fertilizantes minerais no manejo cultural. Entretanto, essa agricultura intensiva tem trazido impactos negativos (TSCHARNTKE *et al.*, 2012). Exemplo disso é a diminuição do pH do solo e a contaminação das águas pela lixiviação de nitrato, em função do excesso de adubação nitrogenada (RUIDISCH *et al.*, 2013).

Uma alternativa sustentável é a associação das bananeiras com plantas de cobertura leguminosas, sob o manejo de coberturas vivas. Do ponto de vista agrícola e ambiental esse manejo é interessante por aumentar o fornecimento de N para ciclos culturais subsequentes (DONEDA *et al.*, 2012; MAZZONCINI *et al.*, 2011), fornecer biomassa continuamente, beneficiando a fertilização do solo e sua estruturação, além de contribuir para a conservação da água no solo (BARBOSA *et al.*, 2013).

Do ponto de vista econômico, o cultivo de plantas como coberturas vivas pode ser vantajoso, pois dispensa a compra periódica de sementes em comparação a sistemas que utilizam leguminosas anuais, além disso, tem potencial de controlar ervas daninhas e reduzir os custos com aplicação de herbicidas (DORN *et al.*, 2013). No caso da associação com a bananeira, existe ainda a possibilidade de uso de parte dos pseudocaules de plantas colhidas para artesanatos, alimentação animal e produção de fertilizantes alternativos, tendo em vista que nesse tipo de manejo o desenvolvimento das plantas de coberturas é afetado se forem cobertas pela biomassa das bananeiras.

Considerando os fatores supracitados, pretendeu-se avaliar o crescimento, a produtividade e a viabilidade econômica de manejos alternativos em três ciclos de produção da bananeira Prata Anã cultivada em associação com plantas de cobertura leguminosas manejadas como coberturas vivas.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área experimental

Esta pesquisa compreendeu o segundo, terceiro e quarto ciclos da bananeira cultivar Prata Anã, conduzida entre maio de 2011 e abril de 2014, na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Pentecoste, Ceará, Brasil (3° 48'S, 39°19'W, a uma altitude de 47 m). O clima de acordo com a classificação de Koppen é BSw'h' (clima quente e semiárido, com estação chuvosa podendo atrasar para o outono). Segundo dados da estação meteorológica da UFC, instalada na FEVC, a precipitação média anual é de 797 mm, a evapotranspiração potencial é 1847 milímetros, com período de déficit hídrico crítico de junho a janeiro.

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 2013) e tem as seguintes características químicas: pH (água) = 7,1; CE = 0,36 dS m⁻¹; 0,75 g kg⁻¹ de N; 24 mg kg⁻¹ de P; 13,3 g kg⁻¹ de MO; CTC de 12,95 cmol_c kg⁻¹; 92% de V; e 9,1; 2,2; 0,27; 0,99; 0,05; 0,38 cmol_c kg⁻¹ de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, H⁺ + Al³⁺, Al³⁺ e Na⁺, respectivamente.

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo o tratamento primário (parcelas) formado por quatro lâminas de irrigação: 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração da cultura (ET_c); o tratamento secundário (subparcelas) pelos manejos: convencional (com adubação nitrogenada e ausência de plantas de cobertura) e com plantas de cobertura calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.); kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* Benth.) e vegetação espontânea. O tratamento terciário (subsubparcelas) compreendeu o segundo, terceiro e quarto ciclos de produção da bananeira.

Cada subparcela (12 x 40 m) foi composta de quatro linhas de bananeiras cultivar Prata Anã, plantadas em sistema de fila única, com espaçamento de 3 x 2 m e um total de 80 plantas. As subsubparcelas tinham dimensões de 12 x 10 m, e continham vinte plantas, sendo as seis plantas centrais usadas nas avaliações (plantas úteis).

As leguminosas calopogônio e kudzu tropical, selecionadas em função do ciclo perene e crescimento rasteiro, foram plantadas um mês após o plantio das bananeiras e foram distribuídas nas entrelinhas das plantas, em sete fileiras espaçadas 0,25 m, sendo utilizada a densidade de plantio de 30 sementes por metro linear para ambas as espécies. A vegetação espontânea foi considerada como sendo todas as plantas nascidas,

naturalmente, na entrelinha das bananeiras das subparcelas selecionadas para esse tratamento. A espécie *Panicum maximum* Jacq. foi predominante na vegetação espontânea. A cada três meses aproximadamente nas leguminosas e a cada um mês e meio na vegetação espontânea, foram realizados cortes (roço) a uma altura de 0,15 m do solo visando garantir a rebrota das plantas de cobertura.

Plantio das mudas e manejo fitossanitário

O plantio de mudas micropropagadas de bananeira foi realizado no início de novembro de 2010, em covas com dimensões de 0,40 x 0,40 m. Na fundação foram adicionados 10 Mg ha⁻¹ de esterco bovino, 83 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico e 25 kg ha⁻¹ FTEBR12 (micronutrientes). Durante o primeiro ciclo (BARBOSA *et al.*, 2013) (não mostrado no presente estudo) foram ainda adicionados 315 kg ha⁻¹ de N no manejo convencional e 32 kg ha⁻¹ nos demais tratamentos. No 2º, 3º e 4º ciclos seguintes foram adicionados macronutrientes (NPK) duas vezes ao ano, totalizando no final do quarto ciclo: 405 kg ha⁻¹ de N, 35 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 570 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicados na forma de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Vale destacar que nas subparcelas com plantas de cobertura não houve a aplicação de fertilizante nitrogenado.

O manejo fitossanitário das bananeiras, plantas de cobertura e ervas daninhas ocorreu sempre que necessário, por meio de aplicações dos inseticidas, fungicidas e herbicidas decis, vertimec, agritoato, cercobin 700, nativo, opera, gramoxone, podium e glifosato. A irrigação da área era localizada do tipo microaspersão, com um emissor para duas plantas. O manejo da irrigação ocorreu com base na evapotranspiração de referência (ET₀), obtida pelo Tanque Classe A, e coeficientes da cultura (K_c). O somatório da precipitação (obtida da estação agrometeorológica localizada na FEVC) e as lâminas aplicadas via irrigação, em cada parcela durante cada ciclo, estão apresentadas na Figura 1.

A taxa de juros utilizada foi de 2% ao ano, baseada na tabela do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar Pronaf (2011). Este programa destina-se a agricultores familiares que exploram parcela de terra na condição de proprietários, posseiros, arrendatários ou parceiros que possuam renda bruta anual acima de R\$ 6.000,00 e até R\$ 110.000,00. O Programa ainda apresenta nas condições de amortização do contrato, carência de até três anos.

Na pesquisa, os custos de produção da bananeira em cada ciclo, bem como o preço de venda igual a 0,80 R\$ kg⁻¹ e o preço do fertilizante nitrogenado de 1,52 R\$ kg⁻¹ utilizados na análise financeira, foram obtidos de um controle da produção organizado ao longo do experimento. O custo da irrigação foi constituído pelo custo da água acrescido do valor da tarifa de energia elétrica.

O custo da água consistiu do somatório dos valores dos coeficientes K_{2.1} (custo fixo, dependente do número de hectares) e K_{2.2} (custo variável, dependente do volume de água bombeado), valores cobrados pelo Distrito de Irrigação que administra o Perímetro Irrigado e estimados a partir dos dados apresentados por Costa *et al.* (2011). A tarifa da energia elétrica foi calculada com base na equação proposta por Frizzone *et al.* (1994), citada por Monteiro *et al.* (2007) e descrita abaixo.

$$CE = 0,7457 \times \text{Pot} \times \text{Tf} \times \text{P} \text{ (Kwh)}$$

Sendo:

CE – Custo da energia elétrica durante o ciclo da cultura, R\$;

0,7457 – Fator de conversão de cv para Kw;

Pot – Potência do motor, em cv;

Tf – Tempo de funcionamento do sistema necessário para repor a lâmina de irrigação em h, considerando uma área irrigada de 1 ha;

P(Kwh) – Preço do Kwh, R\$.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Anova) e quando significativas pelo teste F, foram comparadas pelo teste de médias de Tukey com $P < 0,05$ e análise de regressão. Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustaram foram selecionadas com base na significância dos coeficientes de regressão a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F e com maior coeficiente de determinação (R^2), utilizando-se o programa estatístico Sisvar 5.0.

RESULTADOS

Na tabela 1 observam-se que todas as variáveis avaliadas foram influenciadas pelos fatores isolados. Levando em consideração todas as interações duplas, verifica-se que estas foram significativas para todas as variáveis, porém, a interação lâmina x cobertura, não foi significativa para o peso dos frutos e produtividade, e a interação lâmina x ciclo não foi significativa para o número de frutos. Por outro lado, a interação tripla só foi significativa para a altura das plantas e circunferência do pseudocaule.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento: altura e circunferência do pseudocaule e variáveis produtivas: peso dos frutos, número de frutos por cacho e produtividade da bananeira cv Prata Anã em função do ciclo cultural, lâminas de irrigação e cobertura do solo

Fontes de variação	GL	Quadrado médio				
		ALT	CP	PF	NF	PROD
Bloco	3	514,12ns	64,11ns	8,13410ns	41,67ns	22594742,71ns
Lâmina (A)	3	1998,04**	132,92*	21,94*	94,92*	60938994,17*
Resíduo (A)	9	271,87	29,64	5,59	44,94	15517165,29
Cobertura (B)	3	51647,12**	6632,67**	303,96**	21981,01**	844339234,68**
Lâmina x Cobertura	9	3023,63**	406,52**	9,19ns	280,42**	25516983,90ns
Resíduo (B)	36	278,16	21,07	5,32	63,07	14779270,62
Ciclo (C)	2	66658,08**	12094,08**	32,02**	5630,76**	88943517,4176**
Lâmina x Ciclo	6	4982,00**	685,19**	12,96*	40,11ns	36006879,4060*
Cobertura x Ciclo	6	1441,95**	183,59**	15,61**	1525,30**	43347509,9324**
Lâm. x Cob. x Ciclo	18	1885,20**	236,79**	5,70ns	123,21ns	15822718,77ns
Resíduo (C)	96	348,04	39,71	4,67	81,5	12971274,97
CV % (A)		7,47	7,83	21,27	6,23	21,27
CV % (B)		7,56	6,6	20,75	7,38	20,75
CV % (C)		8,45	9,06	19,44	8,39	19,44

**, * e ns, significativo a 1, 5% e não significativo pelo teste F respectivamente. ALT- altura das plantas; CP – circunferência do pseudocaule; PF – peso dos frutos; NF – número de frutos e PROD - produtividade.

De modo geral, as bananeiras do 2º ciclo, apresentaram menores alturas (Tabela 2) e circunferências do pseudocaule (Tabela 3) em comparação aos demais ciclos. Independente do ciclo, as plantas com manejo convencional cresceram mais que as associadas a leguminosas e vegetação espontânea.

Houve influência das lâminas de irrigação na altura das plantas apenas no 3º e 4º ciclos, sendo no 3º ciclo observado efeito para o manejo convencional e com cobertura de vegetação espontânea e no 4º ciclo para a cobertura com calopogônio (Tabela 2), sendo nesse manejo verificado a maiores alturas (média igual a 2,4 metros) na maior lâmina de irrigação. Na circunferência do pseudocaule (Tabela 3) a lâmina de irrigação

também influenciou o manejo convencional e com calopogônio no 3º e 4º ciclos, respectivamente. Em ambos os casos o manejo convencional apresentou tendência quadrática enquanto que no calopogônio o ajuste foi linear.

Tabela 2. Altura (cm⁻¹) das plantas de bananeira Prata Anã em função da lâmina de irrigação e diferentes manejos de produção em três ciclos de cultivo

Ciclo	Cobertura	Lâmina (%)				Equação	R ²
		50	75	100	125		
2º	Convencional	229,7 aC*	233,6 aB	233,1 aB	229,0 aB	-	-
	Calopogônio	182,5 bB	179,3 bB	156,3 cB	183,8 bB	-	-
	Kudzu Tropical	178,3 bB	184,1 bB	192,6 bB	162,2 bcB	-	-
	Veget. Espontânea	169,8 bB	144,7 cB	151,6 cB	141,7 cC	-	-
3º	Convencional	318,8 aA	261,3 aC	309,9 aA	314,0 aA	$y=0,0645*x^2-10,777*x+673,498$	0,423
	Calopogônio	236,0 bA	223,4 bA	235,4 bA	233,9 bA	-	-
	Kudzu Tropical	214,1 bA	234,4 bA	230,8 bcA	219,5 bA	-	-
	Veget. Espontânea	213,9 bA	164,7 cB	204,7 cA	183,5 cB	$y=-0,0016*x^3+0,4326*x^2-36,98*x+1182,3$	1,000
4º	Convencional	278,1 aB	293,4 aA	301,3 aA	309,1 aA	-	-
	Calopogônio	187,9 cB	236,5 bA	232,7 bA	243,8 bA	$y=0,655*x+167,8**$	0,698
	Kudzu Tropical	220,8 bA	255,4 bA	226,9 bA	240,0 bA	-	-
	Veget. Espontânea	229,1 bA	225,4 bA	222,7 bA	241,1 bA	-	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, em cada ciclo, e maiúscula em cada cobertura não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

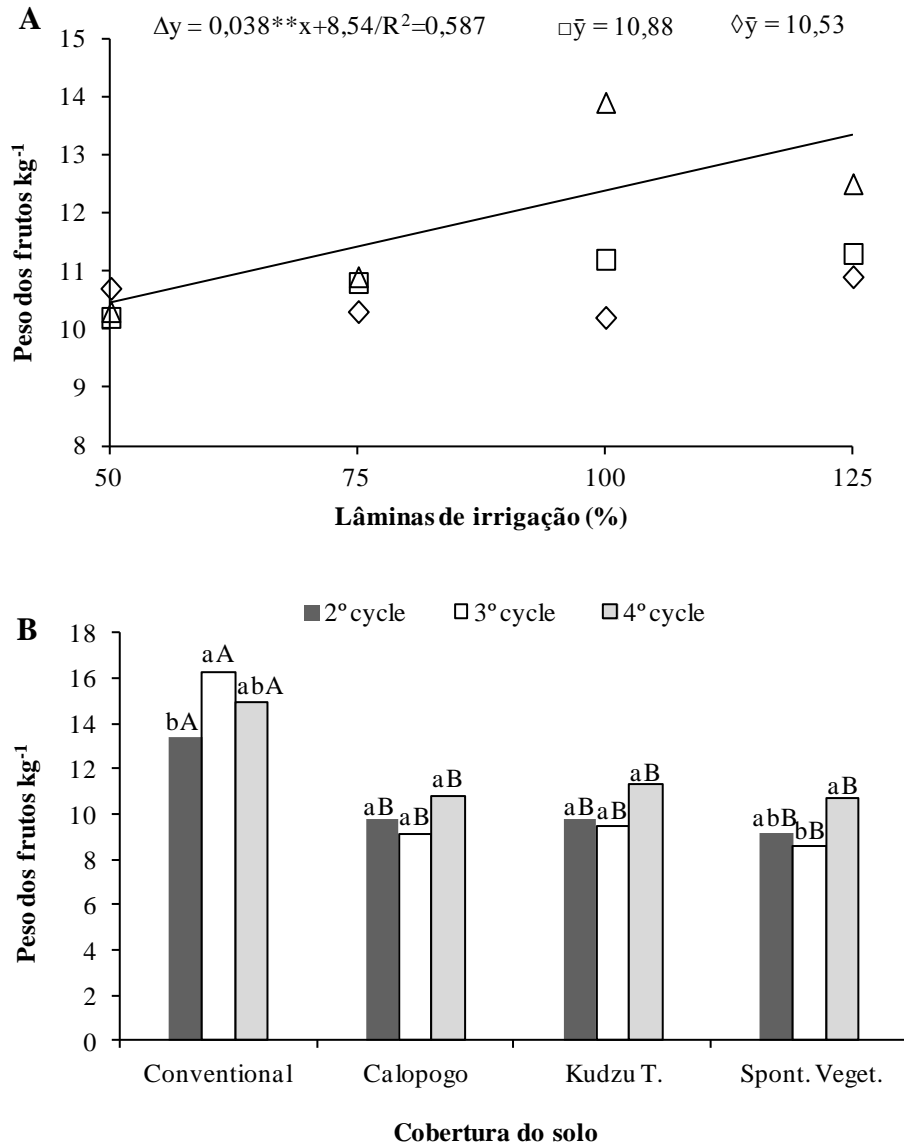
Tabela 3. Circunferência (cm⁻¹) do pseudocaule de plantas de bananeira Prata Anã em função da lâmina de irrigação e diferentes manejos de produção, em três ciclos de cultivo

Ciclo	Cobertura	Lâmina (%)				Equação	R ²
		50	75	100	125		
2º	Convencional	69,2 aC*	72,2 aB	68,1 aC	67,1 aC	-	-
	Calopogônio	47,2 bC	52,7 bB	49,4 bcB	50,3 bB	-	-
	Kudzu Tropical	51,8 bB	55,7 bB	55,2 bB	44,9 bcB	-	-
	Veget. Espontânea	49,5 bB	42,0 cC	44,6 cC	40,0 cC	-	-
3º	Convencional	111,6 aA	82,8 aC	104,6 aA	108,4 aA	$y=0,025*x^2-4,209*x+251,60**$	0,459
	Calopogônio	76,8 bA	73,0 bA	76,2 bcA	79,0 bA	-	-
	Kudzu Tropical	72,0 bA	76,2 bA	73,7 bcA	69,5 bA	-	-
	Veget. Espontânea	69,0 bA	53,8 bB	61,8 cB	56,8 cB	-	-
4º	Convencional	93,7 aB	95,4 aA	94,2 aB	98,8 aB	-	-
	Calopogônio	58,8 cB	78,2 bA	76,4 bA	83,0 bA	$y=0,283*x+49,32**$	0,747
	Kudzu Tropical	67,2 bcA	80,0 bA	72,9 bA	73,6 bA	-	-
	Veget. Espontânea	69,1 bA	73,5 bA	71,6 bA	75,6 bA	-	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, em cada ciclo, e maiúscula em cada cobertura não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No 4º ciclo da bananeira, o peso dos frutos (Figura 2A) aumentou linearmente com as lâminas de irrigação (aproximadamente 3,6 kg⁻¹). Nos demais ciclos, não houve influência significativa das lâminas de irrigação nessa variável, sendo encontradas médias correspondentes a 10,5 e 10,9 kg⁻¹ de frutos por planta no 2º e 3º ciclos, respectivamente. Na Figura 2B verifica-se que, independentemente do ciclo, as plantas manejadas convencionalmente apresentam o peso dos frutos até 5,0 kg⁻¹, superior em comparação aos demais tratamentos.

Figura 2. Dados da interação lâmina x ciclo (A) no 2º (◊), 3º (□) e 4º (△) ciclos da bananeira e cobertura do solo x ciclo (B) para o peso dos frutos da bananeira Prata Anã. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na cobertura e letras maiúsculas entre coberturas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

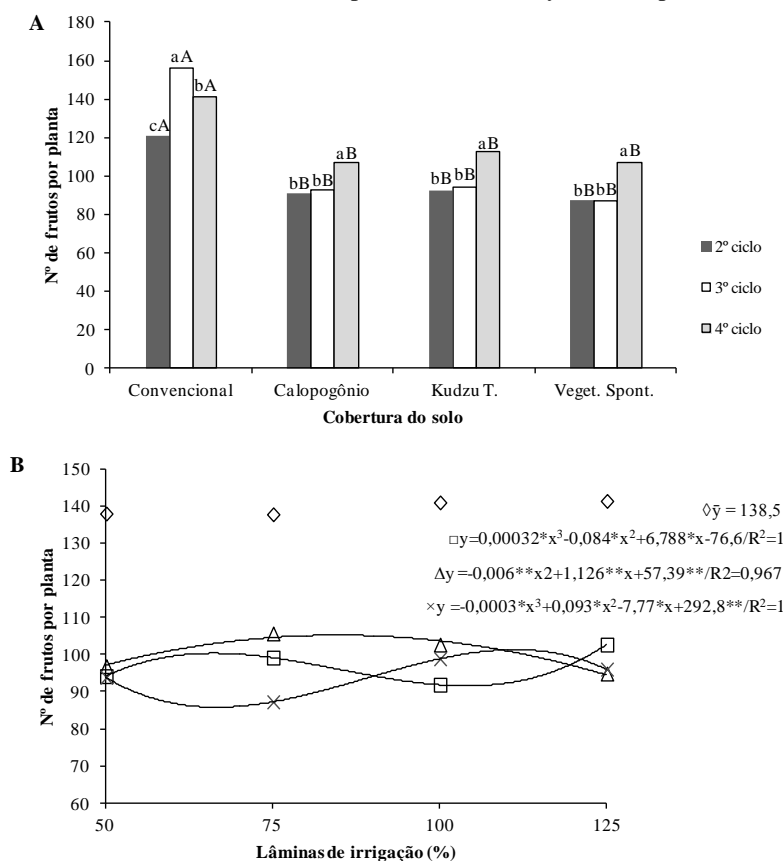


Para o número de frutos por cacho (NF) (Figura 3A), maiores valores foram encontrados no 3º ciclo no manejo convencional e no 4º ciclo nos tratamentos com plantas de cobertura. Independente do ciclo, plantas manejadas convencionalmente produziram mais frutos, sendo a média igual a 140. Nos tratamentos com calopogônio, kudzu tropical e vegetação espontânea os valores médios do NF foram iguais a 97, 100 e 94, respectivamente (Figura 3A).

O manejo convencional foi o único tratamento em que o NF não foi influenciado significativamente pelas lâminas de irrigação. Nos tratamentos com plantas de cobertura, houve tendência cúbica, com exceção do kudzu (Figura 3B). Nesse último

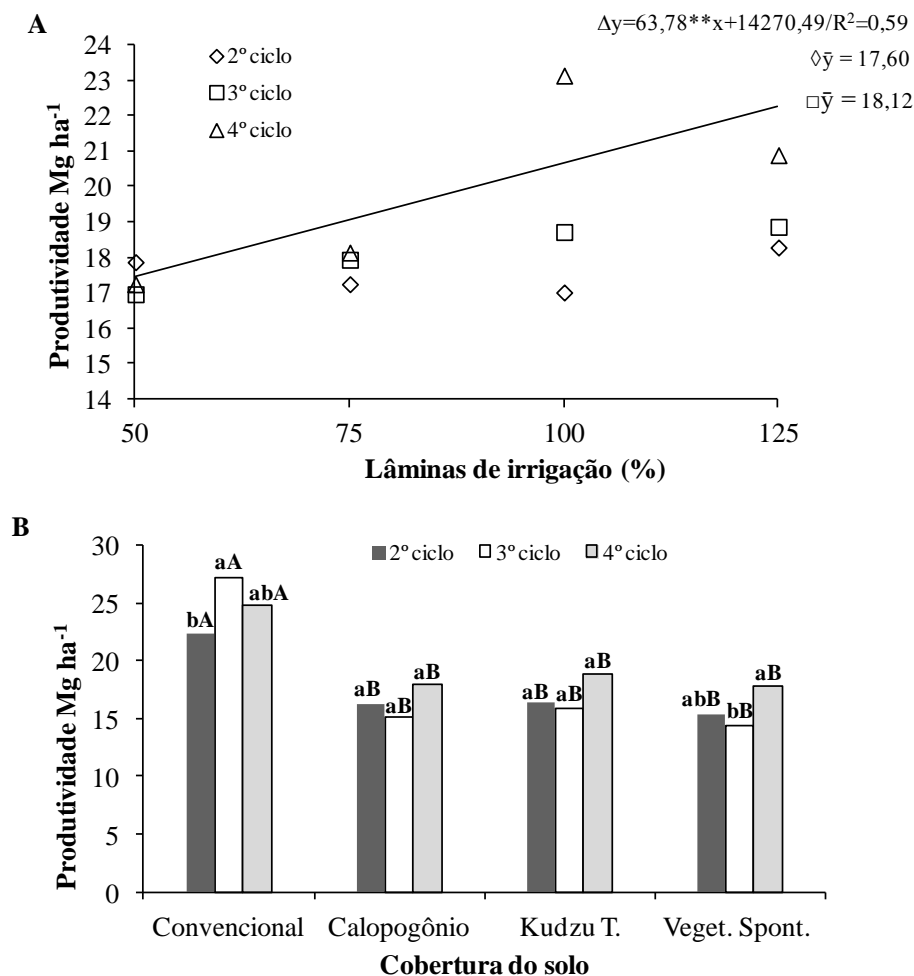
houve ajuste quadrático com máximo de NF correspondente aproximadamente a 106 frutos, na lâmina de 85%.

Figura 3. Dados da interação cobertura do solo x ciclo (A), com convencional (\diamond), calopogônio (\square), kudzu (Δ) e Veget. spont. (\times) e lâmina x cobertura do solo (B) para o número de frutos por cacho da bananeira cv Prata Anã. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na cobertura e letras maiúsculas entre coberturas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



A produtividade no 4º ciclo apresentou média de 19,8 Mg ha⁻¹, superior às médias 18,12 e 17,60 Mg ha⁻¹ do terceiro e segundo ciclos, respectivamente (Figuras 4A). O 4º ciclo foi também o único com ajuste significativo da regressão, de modo que ocorreu o incremento linear da produtividade com o aumento das lâminas de irrigação, sendo na lâmina de 125 mm observada produtividade de 20,89 Mg ha⁻¹. Com exceção do manejo com vegetação espontânea, no 3º ciclo, (Figura 4B) todos os outros apresentaram produtividades superiores a 14,5 Mg ha⁻¹ (média mundial), sendo os valores médios nos três ciclos iguais a 24,8, 16,4, 17,0 e 15,8 Mg ha⁻¹ para o manejo convencional com calopogônio, kudzu tropical e vegetação espontânea, respectivamente.

Figura 4. Dados da interação lâmina x ciclo (A) no 2º (◇), 3º (□) e 4º (△) ciclos da bananeira e cobertura do solo x ciclo (B) para a produtividade da bananeira Prata Anã. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na cobertura e letras maiúsculas entre coberturas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Na Tabela 4, os parâmetros da análise de investimento indicam que para todos os tratamentos houve viabilidade econômica, sendo o manejo convencional o que atingiu a maior relação B/C, VPL e TIR, bem como menor período “*payback*”. O segundo manejo, mais viável foi com kudzu tropical, seguido do calopogônio e por fim da vegetação espontânea.

Em termos monetários (determinados pela VPL) o retorno econômico do manejo convencional em relação ao com kudzu tropical, foi superior a 52.000 reais, ou aproximadamente 52%. Dividindo-se a VPL do manejo convencional pelo salário mínimo atual que é de R\$ 880,00, pode-se afirmar que nas condições desse estudo, um hectare de bananeira produzida convencionalmente rende aproximadamente 114 salários

mínimos, em sete anos. No caso da cobertura com kudzu tropical, um hectare renderia aproximadamente 55 salários mínimos, no mesmo período.

Tabela 4. Indicadores de viabilidade econômica da produção da bananeira Prata Anã cultivada em manejo convencional e com plantas de cobertura sob diferentes lâminas de irrigação para um período de sete anos e taxa de juros de 2%

Tratamentos	Lâminas de irrigação									
	50%					75%				
	B/C	VPL	TIR	Payback	B/C	VPL	TIR	Payback		
Convencional	2,14	R\$ 100.561,27	147,39%	1,82	2,13	R\$ 100.346,73	146,78%	1,83		
Calopogônio	1,57	R\$ 47.549,79	76,30%	2,90	1,56	R\$ 47.335,26	75,86%	2,91		
Kudzu tropical	1,57	R\$ 48.143,61	72,73%	3,16	1,57	R\$ 47.929,07	72,32%	3,17		
V. espontânea	1,46	R\$ 38.723,16	60,42%	3,70	1,46	R\$ 38.508,63	60,03%	3,72		
	100%					125%				
Convencional	2,13	R\$ 100.139,04	146,20%	1,84	2,12	R\$ 99.927,93	145,61%	1,85		
Calopogônio	1,56	R\$ 47.127,57	75,43%	2,92	1,56	R\$ 46.916,46	74,99%	2,94		
Kudzu tropical	1,57	R\$ 47.721,39	71,93%	3,19	1,56	R\$ 47.510,27	71,53%	3,21		
V. espontânea	1,46	R\$ 38.300,94	59,65%	3,74	1,45	R\$ 38.089,82	59,27%	3,77		

B/C-Relação benefício/custo; VPL- Valor presente líquido; TIR- Taxa interna de retorno.

Considerando as condições do Pronaf e um período de sete anos, o investimento seria completamente quitado em cerca de dois anos, no manejo convencional, aproximadamente três anos no manejo com calopogônio e em quatro anos nos demais tratamentos. Para todos os tratamentos, a menor lâmina de irrigação (50% da ETc) proporcionou o maior retorno econômico.

DISCUSSÃO

No presente estudo, bananeiras manejadas convencionalmente receberam fertilização nitrogenada durante todos os ciclos, o que possibilitou o maior crescimento das plantas (DAMOUR *et al.*, 2012), em comparação aos tratamentos com plantas de cobertura (sem adubação nitrogenada) (Tabelas 2 e 3). As bananeiras associadas a plantas de cobertura obtinham nitrogênio da decomposição dos resíduos deixados sobre solo, com os cortes (roços), sendo essa uma forma de aporte de N considerada de lento fornecimento (PEOPLES *et al.*, 2015). Apesar disso, a capacidade das leguminosas fixarem nitrogênio (DIVITO e SADRAS, 2014), provavelmente favoreceu o enriquecimento dos resíduos com esse nutriente, aumentando sua disponibilidade nos tratamentos com kudzu e calopogônio em comparação à vegetação espontânea, como ocorrido no primeiro ciclo das plantas (BARBOSA *et al.*, 2013).

Em relação aos menores valores de altura e circunferência das plantas (Tabelas 2 e 3) no 2º ciclo, é provável que estejam relacionados a dois motivos principais: idade de avaliação e a umidade do solo, que é um fator de produção determinante no cultivo da bananeira (MACHOVINA e FEELEY, 2013; ASTEN *et al.*, 2011). Pois, no segundo ciclo a determinação da altura e circunferência do pseudocaule ocorreu antes da emissão da inflorescência, que assinala o cessamento do crescimento na bananeira (SOTO, 1992). No 2º ciclo, a lâmina total aplicada foi também menor, como indica a Figura 1.

Vale ressaltar que apesar da maior umidade do solo favorecer o crescimento e produção da bananeira, as relações entre o total de água aplicado e as variáveis de crescimento e produtivas nem sempre são lineares, como pôde ser visualizado nas regressões apresentadas no presente estudo (Tabelas 2 e 3). Esse fato é geralmente associado ao efeito negativo do excesso de água (DAMOUR *et al.*, 2012; RIBEIRO *et al.*, 2009), atingido com frequência nas maiores lâminas aplicadas.

Para o peso dos frutos e produtividade (Figura 2 e 4) tem sido evidenciado que fisiologicamente ambos aumentam a cada ciclo até atingir um máximo, a partir do qual começam a cair. Essa tendência foi apresentada por Fernandes *et al.* (2008), que verificaram crescimento quadrático na produção da bananeira Prata Anã, com ponto máximo no sexto ano de cultivo. Oliveira *et al.* (2008), também observaram dentre treze cultivares de bananeiras, incluindo a cv. Prata Anã, produtividade do terceiro ciclo superior a do 2º ciclo.

Maiores valores do NF no 4º ciclo nos tratamentos com plantas de cobertura e não no 3º ciclo, como ocorrido para o manejo convencional (Figura 3A), pode está relacionado ao acúmulo de N no solo (resultante do aporte continuado de biomassa das plantas de cobertura), sobretudo das leguminosas. Resultados de alguns estudos como os de Mazzoncini *et al.* (2011), sugerem que quanto maior o tempo de deposição de resíduos de leguminosas, maior o acúmulo de N no solo. Os autores supracitados encontraram que leguminosas com baixo e alto fornecimento de N, aumentaram significativamente a concentração desse nutriente na camada de 10-30 cm do solo em comparação com o sistema sem cultura de cobertura, sendo observado aumentos de 0,03 e 0,04 mg de N ha⁻¹ ano⁻¹ nos tratamentos com leguminosas com baixo e alto fornecimento de N, respectivamente, corroborando a afirmação acima.

Em relação aos valores absolutos do NF (Figuras 3A e B) foram encontrados por Bolfarini *et al.* (2014) em experimento com a mesma cultivar, plantada

convencionalmente nas condições edafoclimáticas de São Paulo, 97,2 frutos por planta, valor similar aos 97 frutos obtidos nos tratamentos com plantas de cobertura do presente trabalho. Em condições climáticas e sistema irrigação similares ao desse experimento, Donato *et al.* (2009) encontraram média de 148 frutos por cacho, muito próximo aos 140 frutos obtidos no manejo convencional. Esses valores mostram o ajustamento de nossos dados nos padrões da cultivar utilizada.

Em relação à produtividade, atribui-se principalmente a adubação nitrogenada, o melhor desempenho do manejo convencional. Vale enfatizar a influencia dos restos culturais das próprias bananeiras em sua nutrição, tendo em vista, que pseudocaules e parte aérea eram deixados nas entrelinhas das bananeiras do tratamento convencional e que estudos destacam que em relação ao N, resíduos de bananeiras por vezes garantem produtividades iguais a de plantas de cobertura utilizadas como *mulching* (MULIELE *et al.*, 2015). Valores absolutos da produtividade no tratamento convencional também estão em acordo com trabalhos que utilizavam quantidades de N semelhantes (ALVES *et al.*, 2010).

No caso das plantas de cobertura, menores produtividades são resultado da menor oferta de N, no entanto é válido destacar a importância do maior tempo de incorporação continuada de resíduos nesses tratamentos, para que ocorra o aumento do teor de N do solo e conseguinte incremento da produtividade.

Trabalhos que tratam da análise econômica da bananeira, sob condições similares as desse estudo são escassos, tornando difíceis comparações. Mesmo assim, Furlaneto *et al.* (2007) encontraram viabilidade econômica na produção da bananeira cv Grande Naine conduzida no manejo convencional, sendo o período “*payback*” atingido no 4º ano, tempo superior aos 1,8 e 3,2 anos observados no manejo convencional e demais manejos de nosso estudo, respectivamente (Tabela 4).

A superioridade do manejo convencional, em termos de viabilidade econômica, foi em grande parte resultado da produtividade, cerca de 23% maior em relação aos manejos com plantas de cobertura. Nos tratamentos com leguminosas, além da menor produtividade, os custos totais de produção foram somente cerca de 4,9 e 4,3% menores, em relação aos custos de produção no manejo convencional, para o calopogônio e kudzu tropical, respectivamente.

A pequena diferença nos custos de produção entre o manejo convencional e com plantas de cobertura, é em parte, resultado dos custos com a adubação fosfatada e

potássica, mantida nos tratamentos com plantas de cobertura. Isso fica evidenciado quando se consideram os custos com adubação isoladamente, sendo verificada diferença de apenas 38%, nos valores da adubação no manejo convencional em relação a dos demais manejos. Além disso, custos com a aquisição das sementes, apesar de representarem menor investimento em comparação aos fertilizantes nitrogenados, contribuíram para essas diferenças, sobretudo, entre as leguminosas.

Levando em consideração apenas as leguminosas, o maior custo de produção do manejo com kudzu tropical foi determinante no período “*payback*” e TIR (Tabela 4). Mesmo assim, a maior produtividade obtida nesse tratamento garantiu o maior VPL (indicador mais importante do ponto de vista da análise financeira). No caso da vegetação espontânea, mesmo com menores custos (por não necessitar de aquisição de sementes), a menor produtividade, principalmente no 1º ciclo cultural (BARBOSA et al., 2013) tornou esse tratamento menos viável economicamente.

Com relação às diferenças monetárias referentes à viabilidade econômica dos manejos com plantas de cobertura em comparação ao convencional, é válido destacar que, mesmo tendo menor retorno econômico, manejos com leguminosas podem ser alternativos, principalmente, no sistema de produção familiar e em situações de menor disponibilidade de capital para investimento.

Apesar do menor número de salários proporcionados pelo manejo com kudzu tropical, se este for desenvolvido no sistema de agricultura familiar, que utiliza mão de obra própria, seriam acrescidos aos 61 salários (resultado da conversão do valor da VPL em salários mínimo) outros 84 salários mínimos, referentes ao pagamento da mão de obra considerada nos custos de produção.

Nesse caso, o mesmo hectare conduzido no manejo com kudzu totalizaria em sete anos o montante de 145 salários mínimos ou 1.361,00 R\$ mensais por 84 meses (7 anos), sendo esse valor sozinho, superior a renda de grande parte dos agricultores familiares de regiões como Rio Grande do Sul (SCHNEIDER *et al.*, 2006). Além disso, esses manejos possibilitam vantagens ambientais, seja por reduzir o uso de fertilizantes minerais ou o número de aplicações com herbicidas (DORN *et al.*, 2013).

CONCLUSÕES

O manejo convencional proporcionou maior crescimento, produção e viabilidade econômica no cultivo da bananeira Prata Anã, tendo produtividade superior a 27 Mg ha⁻¹ que é quase o dobro da produtividade média mundial.

Manejos com plantas de cobertura leguminosas são viáveis economicamente. São também capazes de proporcionar lucros antes da metade dos anos considerados no investimento.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. da S.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. da S.; ANDRADE NETO, T. M. de. Crescimento e produtividade da bananeira cv. Grande Naine sob diferentes combinações de nitrato de cálcio e ureia. **Rev. Ceres**, v. 57, n.1, p. 125-131, 2010.
- ASTEN, P. J. A.V.; FERMONT, A. M.; TAULYA, G. Drought is a major yield loss factor for rainfed East African highland banana. **Agricultural Water Management**, v. 98, p. 541–552, 2011.
- BARBOSA, F. E. L.; LACERDA, C. F. de; FEITOSA, H. de O.; SOARES, I.; ANDRADE FILHO, F. L. de; AMORIM, A. V. Crescimento, nutrição e produção da bananeira associados a plantas de cobertura e lâminas de irrigação. **R. Bras Eng Agríc Ambiental**, v.17, p.1271–1277, 2013.
- BOLFARINI, A. C. B.; JAVARA, F. S.; LEONEL, S.; LEONEL, M. Crescimento, ciclo fenológico e produção de cinco cultivares de bananeira em condições subtropicais. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 10, p. 74-89, 2014.
- COSTA, R. N. T.; OLIVEIRA, V. K. R. de; ARAÚJO, D. F. de. Planejamento, gerenciamento e uso racional de águas em perímetros públicos de irrigação. In: MEDEIROS S. de S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; PAZ, V. P. da S., editores. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido; 2011.p.87 a 111.
- CHOPIN, P.; BLAZY JEAN-MARC. Assessment of regional variability in crop yields with spatial autocorrelation: Banana farms and policy implications in Martinique. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 181, p. 12–21, 2013.
- DAMOUR, G.; OZIER-LAFONTAINE H.; DOREL, M. Simulation of the growth of banana (*Musa* spp.) cultivated on cover-crop with simplified indicators of soil water and nitrogen availability and integrated plant traits. **Field Crops Research**, v. 130, p. 99–108, 2012.
- DIVITO, G. A.; SADRAS V. O. How do phosphorus, potassium and sulphur affect plant growth and biological nitrogen fixation in crop and pasture legumes? A meta-analysis. **Field Crops Research**, v.156, p. 161–171, 2014.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. de M.; SILVA, S. de O.; CORDEIRO, Z. J. M. Comportamento fitotécnico da bananeira 'Prata-Anã' e de seus híbridos. **Pesq. agropec. bras.**, v.44, p.1608-1615, 2009.

DONEDA, A. C.; AITA, S. J. GIACOMINI, E. C. C. MIOLA, D. A. GIACOMINI, J. SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 36, P. 1714-1723, 2012.

DORN, B.; STADLER, M.; HEIJDEN, M. V. D.; STREIT, B. Regulation of cover crops and weeds using a roll-chopper for herbicide reduction in no-tillage winter wheat. **Soil Till Res.** v.134, p.121–132, 2013.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3rd ed. Brasília: Embrapa; 2013.

FERNANDES, L. A.; RAMOS, S. J.; VALADARES, S. V.; LOPES, P. S. N.; FAQUINV. Fertilidade do solo, nutrição mineral e produtividade da bananeira irrigada por dez anos. **Pesq. agropec. bras.**, v.43, p.1575-1581, 2008.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A.; FREITAS, H. A. Análise comparativa dos custos de irrigação por pivô-central, em cultura de feijão, utilizando energia elétrica e óleo diesel. **Engenharia Rural**, v. 5, n. 1, p. 34-53, 1994.

FURLANETO, F. de P. B.; MARTINS, A. N.; CAMOLESI, M. R.; ESPERANCINI, M. S. T. Análise econômica de sistemas de produção de banana (*Musa sp.*), cv. Grande Naine, na região do Médio Paranapanema, estado de São Paulo. **Científica**, v.35, p.188-195, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Faostat**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 10 de outubro de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA- outubro/2010)**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 de agosto de 2011.

IEA- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo, 2º Levantamento**, Ano Agrícola 2014/15, e Levantamento Final, Ano Agrícola 2013/14 Novembro de 2014. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=13588>>. Acesso em: 11 de maio de 2015.

MACHOVINA B.; FEELEY K. J. Climate change driven shifts in the extent and location of areas suitable for export banana production. **Ecological Economics**, v. 95, p. 83–95, 2013.

MAZZONCINI, M.; SAPKOTA, T. B; BÀRBERI, P.; ANTICHI, D.; RISALITI, R. Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content. **Soil & Tillage Research**, v. 114, p. 165–174, 2011.

MONTEIRO, R. O. C.; COSTA, R. N. T.; LEÃO, M. C. S.; AGUIAR, J. V. de. Aspectos econômicos da produção de melão submetido a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio. **Irriga**, v.12, p. 364-376, 2007.

MULIELE, M. T.; BIELDERS, C. L.; VAN ASTEN, P. J. A. Short- and medium-term impact of manual tillage and no-tillage with mulching on banana roots and yields in

banana-bean intercropping systems in the East African Highlands. **Field Crops Research**, v. 171, p. 1–10, 2015.

OLIVEIRA, T. K. DE; LESSA, L. S.; SILVA, S. DE O.; OLIVEIRA, J. P. DE. Características agronômicas de genótipos de bananeira em três ciclos de produção em Rio Branco, AC. **Pesq. agropec. bras.**, v.43, p.1003-1010, 2008.

PEOPLES, M. B.; CHALK, P. M.; UNKOVICH, M. J.; BODDEY, R. M. Can differences in ¹⁵N natural abundance be used to quantify the transfer of nitrogen from legumes to neighbouring non-legume plant species? **Soil Biol Biochem**. v. 87, p.97-109, 2015.

RIBEIRO, R. C. F.; COSTA, C. C; XAVIER, A. A.; FIGUEIREDO, F. P. de; OLIVEIRA, F. G.; CAMPOS, V. P.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; MIZOBUTSI, E. H. Efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre a população de meloidogyne javanica e a produtividade de bananeira no norte de Minas Gerais. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 31, p. 90-95, 2009.

RUIDISCH, M.; BARTSCH, S.; KETTERING, J.; HUWE, B.; FREI, S. The effect of fertilizer best management practices on nitrate leaching in a plastic mulched ridge cultivation system. **Agr Ecosyst Environ**, v, 169, p. 21–32, 2013.

SOTO, B. M. **Bananos: cultivo y comercialización**. 2.ed. San José: LIL, 1992. 674 p

SCHNEIDER, S.; CONTERATO, M. A.; KOPPE, L. R.; SILVA, C. C. A pluriatividade e as condições de vida dos agricultores familiares do Rio Grande do Sul. In: SCHNEIDER S. **A Diversidade da Agricultura Familiar**. 2nd ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; 2006. p. 137-165.

TSCHARNTKE, T.; CLOUGH, Y.; WANGER, T. C.; JACKSON, L.; MOTZKE, I.; PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WHITBREAD, A. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. **Biol Conservation**. v.151, p.53–59, 2012.

Capítulo III

FISIOLOGIA E NUTRIÇÃO DA BANANEIRA PRATA ANÃ ASSOCIADA A PLANTAS DE COBERTURA E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Resumo: O estado hídrico e nutricional das plantas são fatores limitantes a produtividade agrícola, pois interferem diretamente em processos fisiológicos como a absorção de nutrientes e as trocas gasosas. A presente pesquisa objetivou avaliar os efeitos da associação de diferentes plantas de cobertura e de diferentes lâminas de irrigação no estado nutricional e nas trocas gasosas de bananeiras Prata Anã, durante três ciclos de produção. Para isso estabeleceu-se um experimento em campo, utilizando delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram formadas por quatro lâminas de irrigação: 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração da cultura (ETc), as subparcelas pelo manejo; convencional (com adubação nitrogenada e ausência de plantas de cobertura) e com as plantas de cobertura calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.), kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* Benth.) e vegetação espontânea e as subsubparcelas pelo segundo, terceiro e quarto ciclos de produção da bananeira. Foram avaliados os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn; as trocas gasosas foliares: fotossíntese (A), transpiração (E) e condutância estomática (gs); as eficiências momentânea (EUAm) e intrínseca (EUAi) do uso da água e o índice relativo de clorofila (IRC) das bananeiras. Concluiu-se que bananeiras manejadas convencionalmente e adubadas com N fertilizante, apresentam maiores teores foliares de N e menores teores de P e K em comparação as plantas associadas a plantas de cobertura não adubadas com N fertilizante. Além disso, as trocas gasosas e IRC são responsivas aos teores mais elevados de N foliar, sendo as trocas gasosas também influenciadas pelas condições de umidade do solo.

Palavras-chave: nitrogênio foliar, trocas gasosas, eficiência de uso da água.

PHYSIOLOGY AND NUTRITION OF PRATA ANÃ BANANA ASSOCIATED WITH COVER CROPS AND IRRIGATION DEPTH

Abstract: The water and nutritional status of the plants are limiting factors to agricultural productivity as they interfere directly in physiological processes such as nutrient uptake and gas exchange. This research tried to evaluate the effects of the combination of different plant covers and different irrigation levels on nutritional status and gas exchange of banana Prata Anã for three production cycles. It established a field experiment using a randomized block design with split plots with four replications. The plots were made up of four irrigation levels: 50%, 75%, 100% and 125% of crop evapotranspiration (ETc), the subplots by conventional management (with nitrogen fertilization and lack of cover crops) and cover crops: calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.), tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides* Benth.) and spontaneous vegetation and subplots the second, third and fourth banana production cycles. They evaluated the foliar N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and Mn; the leaf gas exchange, corresponding photosynthesis (A), transpiration (E) and stomatal conductance (gs); the momentary efficiency (EUAm) and intrinsic (EUAi) use of water and the relative chlorophyll index (CRI) of banana trees. It was concluded that banana conventionally managed and fertilized with N fertilizer, have higher foliar N and lower levels of P and K compared to plants associated with cover plants not fertilized with N fertilizer. In addition, gaseous and IRC exchanges are responsive to higher levels of foliar N, and gas exchange also influenced by soil moisture conditions.

Keywords: nitrogen leaf nitrogen, gas exchange, water use efficiency.

INTRODUÇÃO

Os estados hídrico e nutricional das plantas afetam grandemente sua produtividade, pois interferem diretamente em processos fisiológicos vitais, como as trocas gasosas foliares (FLÓREZ-VELASCO *et al.*, 2015; LI *et al.*, 2015; ÁLVAREZ *et al.* 2011; TURNER e THOMAS, 1998). Nesse contexto, sabe-se que fruteiras de modo geral, necessitam de grandes quantidades de nutrientes para sustentar a produção, em função principalmente do maior investimento em matéria seca e raízes para sustentação.

Na bananeira, os nutrientes mais exigidos são o K e N (MOREIRA e FAGERIA, 2009) e apesar do N está na segunda posição, tem grande efeito na produtividade, haja

vista ser componente de todas as proteínas, da clorofila e da Rubisco, uma proteína fundamental na fotossíntese (YIN *et al.*, 2014).

Estudos tem demonstrado o efeito positivo de crescentes doses de N na produtividade da bananeira (PINTO *et al.*, 2005), bem como na eficiência fotoquímica, na concentração de clorofila e de proteínas solúveis (FLÓREZ-VELASCO *et al.*, 2015; ZHOU *et al.*, 2011), no aumento da atividade fotossintética e da condutância estomática (SANTOS *et al.*, 2013; ÁLVAREZ *et al.* 2011). Além disso, tem sido evidenciado que aumentos na oferta de N podem compensar parcialmente efeitos negativos ocasionados por estresses, como o hídrico (ZHOU *et al.*, 2011), que é considerado o mais limitante às trocas gasosas de várias culturas (FLÓREZ-VELASCO *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2013; ÁLVAREZ *et al.*, 2011), inclusive na bananeira (BASSOI *et al.*, 2001).

Mesmo com as evidências da importância do manejo hídrico e nutricional para os bons rendimentos da bananeira, tais fatores por vezes são negligenciados, principalmente na agricultura familiar, que geralmente possui baixo capital para investimento em tecnologias de adubação e irrigação. Tais fatos se refletem nos baixos rendimentos da bananeira, cuja média mundial corresponde a 14,5 Mg ha⁻¹ (FAO, 2015).

Visando elevar a produtividade da bananeira mantendo menores custos de produção, sugere-se a implantação de manejos alternativos que visem à substituição de fontes nitrogenadas de maior custo. Esse é o caso da utilização de plantas de cobertura, como as leguminosas perenes, manejadas como coberturas vivas. A utilização dessas plantas parece viável, pois, promove o fornecimento de N e tem potencial de controlar ervas daninhas (DORN *et al.*, 2013), reduzindo custos com herbicidas e com a compra periódica de sementes. Outro aspecto relevante é a conservação da água do solo, geralmente aumentada devido à cobertura morta (BARBOSA *et al.*, 2013).

Ante isso, avaliou-se os efeitos da adubação nitrogenada e a associação de diferentes plantas de cobertura e da aplicação de diferentes lâminas de irrigação no estado nutricional e nas trocas gasosas foliares da bananeira Prata Anã, durante três ciclos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área experimental

Esta pesquisa compreendeu o segundo, terceiro e quarto ciclos da bananeira cultivar Prata Anã, conduzida entre maio de 2011 e abril de 2014, na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Pentecoste, Ceará, Brasil (3° 48'S, 39°19'W, a uma altitude de 47 m). O clima de acordo com a classificação de Koppen é BSw'h' (clima quente e semiárido, com estação chuvosa podendo atrasar para o outono). Segundo dados da estação meteorológica da UFC, instalada na FEVC, a precipitação média anual é de 797 mm, a evapotranspiração potencial é 1847 milímetros, com período de déficit hídrico crítico de junho a janeiro.

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 2013) e no início do estudo apresentava as seguintes características químicas: pH (água) = 7,1; CE = 0,36 dS m⁻¹; 0,75 g kg⁻¹ de N; 24 mg kg⁻¹ de P; 13,3 g kg⁻¹ de MO; CTC de 12,95 cmol_c kg⁻¹; 92% de V; e 9,1; 2,2; 0,27; 0,99; 0,05; 0,38 cmol_c kg⁻¹ de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, H⁺ + Al³⁺, Al³⁺ e Na⁺, respectivamente.

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo o tratamento primário (parcelas) formado por quatro lâminas de irrigação: 50%, 75%, 100% e 125% da evapotranspiração da cultura (ET_c). O tratamento secundário (subparcelas) composto pelo manejo: convencional (com adubação nitrogenada e ausência de plantas de cobertura) e com as plantas de cobertura calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.), kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* Benth.) e vegetação espontânea, e o tratamento terciário (subsubparcelas) pelo segundo, terceiro e quarto ciclos de produção da bananeira.

Cada parcela (12 x 40 m) foi composta de quatro linhas de bananeiras cultivar Prata Anã, plantadas em sistema de fila única, com espaçamento de 3 x 2 m e um total de 80 plantas. As subparcelas tinham dimensões de 12 x 10 m, e continham vinte plantas, sendo as seis plantas centrais usadas nas avaliações (plantas úteis).

As leguminosas calopogônio e kudzu tropical foram plantadas um mês após o plantio das bananeiras e foram distribuídas nas entrelinhas das plantas, em sete fileiras espaçadas 0,25 m, sendo utilizada a densidade de plantio de 30 sementes por metro linear para ambas as espécies. A vegetação espontânea foi considerada como sendo todas as plantas nascidas naturalmente na entrelinha das bananeiras das subparcelas

selecionadas para esse tratamento. A espécie *Panicum maximum* Jacq foi predominante na vegetação espontânea. A cada três meses aproximadamente, foram realizados cortes (roço) das leguminosas a uma altura de 0,15 m do solo para garantir a rebrota das plantas.

Plantio das mudas e manejo fitossanitário

O plantio de mudas micropropagadas de bananeira foi realizado no início de novembro de 2010, em covas com dimensões de 0,40 x 0,40 m. Na fundação foram adicionados 10 Mg ha⁻¹ de esterco bovino, e 25 kg ha⁻¹ FTEBR12 (micronutrientes). Durante o primeiro ciclo (BARBOSA *et al.*, 2013) (não mostrado no presente estudo) foram ainda adicionados 315 kg ha⁻¹ de N no manejo convencional e 32 kg ha⁻¹ nos demais tratamentos. No 2º, 3º e 4º ciclos seguintes foram adicionados macronutrientes (NPK) duas vezes ao ano, totalizando no final do quarto ciclo: 405 kg ha⁻¹ de N, 35 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 570 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicados na forma de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Vale destacar que nas subparcelas com plantas de cobertura não houve a aplicação de fertilizante nitrogenado.

O manejo fitossanitário das bananeiras e plantas de cobertura ocorreu sempre que necessário, por meio de aplicações de inseticidas e fungicidas químicos. A irrigação da área era localizada do tipo microaspersão, com um emissor para duas plantas. O manejo da irrigação ocorreu com base na evapotranspiração de referência (ET₀), obtida pelo Tanque Classe A, e coeficientes da cultura (K_c). O somatório da precipitação (obtida da estação agrometeorológica localizada na FEVC) e as lâminas aplicadas via irrigação, em cada parcela durante cada ciclo, estão apresentadas na Figura 1 do capítulo II da presente Tese.

Determinação dos teores dos nutrientes

No 2º, 3º e 4º ciclos de produção da bananeira, ocorreu a determinação dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Fe e Zn, conforme metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997). Para tanto, foram coletadas amostras da 3ª folha a contar do ápice, das seis plantas úteis de cada subparcela, no período em que se iniciou a emissão da inflorescência. As folhas de cada repetição foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para o laboratório de Relação Solo Água Planta da UFC, onde ocorreu a retirada de 10 a 15 cm da parte interna mediana do limbo, eliminando-se a nervura

central. No mesmo local procedeu-se a secagem e moagem do material utilizado posterior para a produção dos extratos utilizados nas determinações dos nutrientes supracitados.

Determinação de trocas Gasosas

Aos 320, 761 e 971 (15/09/2011; 29/11/2012 e 27/06/2013, respectivamente) dias após o plantio das bananeiras, foram realizadas medições da taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na terceira folha totalmente expandida, utilizando um analisador de gás no infravermelho (IRGA, modelo LI-6400XT, Licor), em sistema aberto, com fluxo de ar de 300 mL min^{-1} . As leituras foram realizadas entre 10 e 12 horas, antes do início da irrigação, sendo no segundo ciclo utilizada a radiação natural (média igual a $390 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e nos demais ciclos uma fonte de radiação artificial com intensidade de $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A partir dos dados das trocas gasosas foram calculadas a eficiência momentânea do uso da água (EUAm), pela relação A/E, e a eficiência intrínseca do uso da água (EUAi), pela relação A/g_s.

Nas mesmas folhas utilizadas para determinação das trocas gasosas foi mensurado o índice relativo de clorofila (IRC), utilizando-se o medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Minolta Câmera Co. Ltd.). As medições ocorreram entre as 9 e 11 horas, na superfície adaxial e mediana da folhas totalmente expandidas. A média de cinco leituras em duas folhas foi utilizada como uma repetição em cada subparcela.

Em virtude da variação no intervalo das avaliações das trocas gasosas e da mudança na fonte de radiação utilizada no 2º ciclo, foi utilizado para análise estatística dos parâmetros supracitados, o delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, que teve novamente como parcela as lâminas de irrigação e como subparcelas os manejos: convencional e com plantas de coberturas, já supracitados, de modo que cada ciclo foi analisado individualmente.

Análise estatística

Os dados de todas as variáveis foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativas pelo teste F, foram comparadas pelo teste de médias de Tukey com $P < 0,05$ e análise de regressão. Na análise de regressão, as equações que melhor se ajustaram foram selecionadas com base na significância dos coeficientes de

regressão a 0,01 e 0,05 de probabilidade pelo teste F e com maior coeficiente de determinação (R^2), utilizando-se o programa estatístico Sisvar 5.0.

RESULTADOS

De acordo com a ANOVA (Tabela 1), os teores foliares de todos os nutrientes avaliados foram influenciados isoladamente por pelo menos um fator lâmina, cobertura e ciclos, e/ou pelas interações de tais fatores. Os teores de N, P, Mg e Mn sofreram influência dos três fatores (lâmina, cobertura e ciclo) isoladamente. Para o N ocorreu também efeito da interação tripla. O K, Ca e Zn ocorreram principalmente influência das plantas de cobertura e do ciclo. Os micronutrientes Fe e Cu foram influenciados pelos fatores na forma de interações duplas e triplas.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os nutrientes foliares da bananeira cv Prata Anã em função de diferentes lâminas de irrigação, coberturas do solo e ciclos culturais

Fontes de variação	GL	Quadrado médio								
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Bloco	3	2,11672ns	0,00604ns	6,48839ns	1,47539ns	0,30006ns	589,80565ns	7,64189ns	125,83882ns	4427,14531ns
Lâmina (A)	3	9,37966*	0,00796*	14,17145ns	1,45692ns	1,22121*	18807,21044**	13,99049ns	166,63593ns	9647,26160*
Resíduo (A)	3	3,99353	0,05408	8,37555	1,7063	0,34583	173,38725	9,65691	394,03682	2915,63158
Cobertura (B)	3	293,94025**	2,50017**	24,84792*	11,88905**	3,88486**	3778,43236ns	6,35545ns	1026,02853**	307559,50894**
Lâmina x Cobertura	3	3,05900ns	0,18166**	10,57412ns	1,00452ns	0,36763ns	1114,16631ns	13,39948*	660,28035**	6197,53957ns
Resíduo (B)	36	1,55305	0,04403	8,20468	1,14572	0,2106	1541,73309	5,59805	205,48276	3205,91095
Ciclo (C)	2	65,24672**	5,39952**	1200,59351**	50,82752**	9,92822**	43437,94044**	148,81655**	5376,65045**	43942,53890**
Lâmina x Ciclo	6	2,92031ns	0,06851ns	12,79979ns	4,23603*	0,61288*	10171,52488**	28,02054**	630,76440ns	3327,16640ns
Cobertura x Ciclo	6	8,45373**	0,24124**	14,01035ns	2,56209ns	1,04652**	4018,64684**	12,33901*	355,40460ns	71767,16353**
Lâm. x Cob. x Ciclo	18	6,32159**	0,09849ns	11,29426ns	2,09307ns	0,35313ns	2609,68840**	12,88244**	699,28635**	4469,16039ns
Resíduo (C)	96	2,42632	0,06762	10,82901	1,61774	0,24575	1186,98168	4,96408	309,99752	4284,27128
CV % (A)		10,44	12,5	10,07	26,27	14,94	16,84	54,46	51,02	38,61
CV % (B)		6,51	11,28	9,97	21,53	11,66	50,23	41,47	36,84	40,48
CV % (C)		8,14	13,98	11,45	25,58	12,59	44,07	39,05	45,25	46,8

**, * e ns, significativo a 1, 5% e não significativo pelo teste F respectivamente. N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Fe – ferro; Cu – cobre; Zn – zinco; Mn – manganês.

Em quaisquer lâminas de irrigação os teores de N variaram de 15,6 a 26,0 g kg⁻¹ (Tabela 2). Independentemente do ciclo, bananeiras cultivadas no manejo convencional possuíam teor de N superior ao dos tratamentos com plantas de cobertura, com teores variando de 21,0 a 26,0 g kg⁻¹. Dentre os tratamentos com plantas de cobertura, praticamente não ocorreram diferenças significativas e o teor médio de N foi 18 g kg⁻¹ (Tabela 2).

Em relação aos teores de N em função do ciclo, percebeu-se de modo geral, menores valores no 2º ciclo. Ocorreu ajuste das lâminas de irrigação para o N foliar no tratamento convencional em todos os ciclos e com calopogônio no 3º ciclo, sendo

observada tendência quadrática para o manejo convencional e linear/cúbica para o calopogônio.

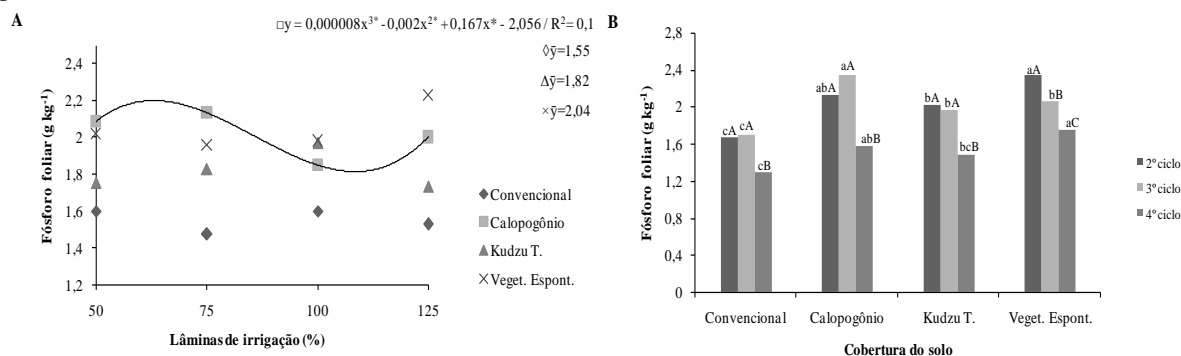
Tabela 2. Nitrogênio (g kg^{-1}) foliar da bananeira Prata Anã em função de diferentes lâminas de irrigação e plantas de cobertura, em três ciclos de cultivo

Ciclo	Cobertura	Lâmina (%)				Equação	R ²
		50	75	100	125		
2º	Convencional	22,9 aA*	21,0 aB	21,4 aB	23,4 aA	$0,001561x^2 - 0,265185x + 32,213375$	0,9927
	Calopogônio	17,7 bB	16,9 bB	16,3 bA	15,7 bB	-	-
	Kudzu Tropical	16,3 cB	16,9 bB	15,6 bB	16,8 bA	-	-
	Veget. Espontânea	17,7 bA	16,9 bA	16,3 bA	15,9 bA	-	-
3º	Convencional	23,5 aA	26,0 aA	24,4 aA	20,5 aB	$-0,002561x^2 + 0,406225x + 9,668125$	0,9905
	Calopogônio	18,0 bAB	19,8 bA	17,1 cA	20,8 aA	$y = 0,000116x^3 - 0,029672x^2 + 2,406600x - 42,640000$	0,100
	Kudzu Tropical	19,1 bA	20,0 bA	19,1 bA	18,4 bA	-	-
	Veget. Espontânea	17,8 bA	16,6 cA	17,1 cA	16,8 cA	-	-
4º	Convencional	22,9 aA	23,2 aB	22,7 aAB	21,7 aAB	-	-
	Calopogônio	20,5 bA	21,1 bA	18,9 bA	17,5 cB	$-0,045650x + 23,487500$	0,7897
	Kudzu Tropical	18,3 cAB	18,7 cAB	17,9 bAB	19,3 bA	-	-
	Veget. Espontânea	18,9 cA	17,9 cA	18,7 bA	18,1 bA	-	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na cobertura, em cada ciclo, e maiúscula entre ciclos não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Diferentemente do ocorrido para os teores de N, os teores de P foram menores nas plantas do manejo convencional, independentemente da lâmina de irrigação e ciclo (Figura 1A e B). Dentre os tratamentos com plantas de cobertura, as bananeiras associadas ao kudzu tropical possuíram os menores teores desse nutriente com média de $1,82 \text{ g kg}^{-1}$, em comparação ao tratamento com calopogônio e vegetação espontânea, cujos valores médios foram $2,02$ e $2,05 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. O único ajuste da lâmina de irrigação ocorreu para o tratamento com calopogônio, sendo cúbico. Em se tratando do ciclo cultural, foi unânime dentre os tratamentos, os menores teores de P no quarto ciclo (Figura 1B).

Figura 1. Dados da interação lâmina x cobertura do solo (A) e cobertura x ciclo (B) para o fósforo (g kg^{-1}) foliar na bananeira Prata Anã. Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas em cada cobertura e letras minúsculas entre as coberturas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Assim como para o P, teores de K foram inferiores nas bananeiras manejadas convencionalmente e maiores nas bananeiras associadas às plantas de cobertura (Figura 2A), sendo a diferença média entre os tratamentos supracitados de $1,74 \text{ mmol}_c \text{ cm}^{-3}$. Em relação ao ciclo cultural, constatou-se a maior absorção de K pelas bananeiras do quarto ciclo (Figura 2B), sendo inverso ao observado para o P.

Figura 2. Potássio (g kg^{-1}) foliar da bananeira Prata Anã associada a diferentes coberturas do solo (A) em três ciclos culturais (B). Médias seguidas pela mesma letra minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

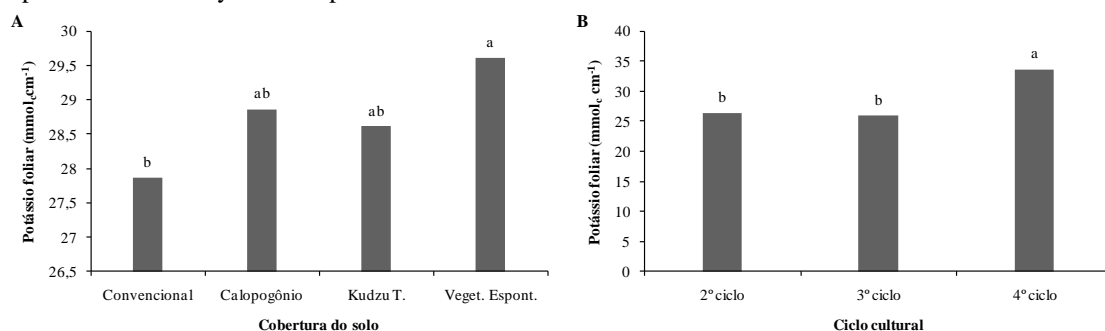
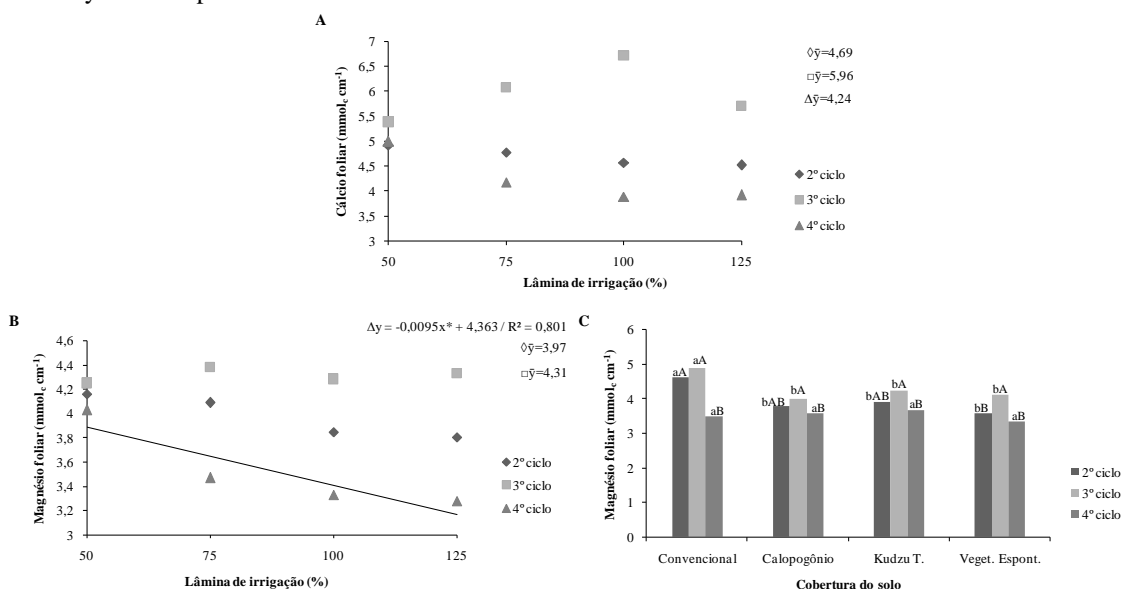


Figura 3. Dados da interação lâmina x ciclo para o cálcio (A); interação lâmina x ciclo (B) e cobertura x ciclo (C) para o magnésio foliar na bananeira Prata Anã. Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas em cada cobertura e letras minúsculas entre as coberturas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



A representação gráfica da interação lâmina x ciclo para o cálcio (Figura 3A) mostra que as bananeiras do terceiro ciclo possuíam maiores teores de Ca que nos demais ciclos. Independentemente do ciclo não ocorreu ajuste da lâmina de irrigação. Por outro lado, maiores teores de magnésio também ocorreram no terceiro ciclo (média de $4,31 \text{ g kg}^{-1}$) (Figura 3B). Para esse nutriente houve ajuste linear da lâmina de

irrigação no quarto ciclo, indicando a redução do Mg foliar das plantas com o aumento da irrigação.

Em relação à interação cobertura x ciclo (Figura 3C) verificou-se que no segundo e terceiro ciclos o Mg foi superior nas bananeiras manejadas convencionalmente, apesar de no quarto ciclo os teores não apresentarem diferenças significativas dentre os diferentes manejos. Entre os tratamentos com plantas de cobertura não se observou diferenças significativas dos teores foliares de Mg, sendo verificada média de $3,8 \mu\text{mol}_c \text{ cm}^{-1}$. O valor médio observado no tratamento convencional foi de $4,3 \mu\text{mol}_c \text{ cm}^{-1}$.

Dados da interação tripla para o ferro (Tabela 3) apresentam grande variabilidade entre as diferentes coberturas do solo, bem como entre os ciclos de cultivo, sendo de modo geral maiores no 3º ciclo. Quando se analisou a absorção do ferro nas diferentes lâminas de irrigação verificou-se no segundo ciclo o ajuste apenas para o tratamento com kudzu tropical (regressão quadrática) e no terceiro ciclo somente para o manejo convencional e com vegetação espontânea (com ajuste cúbico e quadrático, respectivamente). No quarto ciclo, todos os tratamentos de cobertura do solo se ajustaram a regressões lineares crescentes (tabela 3).

Ante a variabilidade dos dados da absorção foliar do ferro vale considerar os fatores isolados. Analisando a lâmina de irrigação isoladamente no 4º ciclo, verificou-se a tendência linear crescente da absorção de ferro com o aumento das lâminas de irrigação, com os valores médios correspondentes a 53,87, 72,52, 85,91 e 100,37 g de Fe kg^{-1} , na lâmina de 50, 75, 100 e 125%, respectivamente. Não ocorreram variações dos teores de ferro entre o manejo convencional e com plantas de cobertura, e bananeiras do segundo ciclo absorveram menos ferro (dados não mostrados).

Tabela 3. Ferro (mg kg^{-1}) foliar da bananeira Prata Anã em função da lâmina de irrigação e diferentes manejos de produção em três ciclos de cultivo

Ciclo	Cobertura	Lâmina (%)				Equação	R ²
		50	75	100	125		
2º	Convencional	36,1 aA	35,6 aB	54,6 aB	40,5 aB	-	-
	Calopogônio	25,4 aA	51,2 aA	34,7 aB	58,1 aB	-	-
	Kudzu Tropical	34,3 aA	67,5 aA	78,7 aAB	42,1 aB	$-0,027878x^2 + 5,016310x - 148,072750$	0,9743
	Veget. Espontânea	68,3 aA	32,9 aB	66,8 aAB	52,9 aC	-	-
3º	Convencional	77,9 aA	151,6 aA	83,3 aB	141,7 aA	$0,002865x^3 - 0,758034x^2 + 63,681783x - 1569,1400$	0,100
	Calopogônio	66,2 aA	77,0 aA	51,7 aB	90,7 aAB	-	-
	Kudzu Tropical	67,5 aA	64,9 aA	55,4 aB	54,4 aB	-	-
	Veget. Espontânea	97,6 aA	57,7 aB	77,7 aA	185,6 aA	$0,059115x^2 - 9,209475x + 411,700625$	0,9959
4º	Convencional	33,1 aA	63,2 aB	143,1 aA	138,6 aA	$1,585560x - 44,236500$	0,8673
	Calopogônio	43,2 aA	79,6 aA	129,6 aA	122,2 aA	$1,147780x - 6,787000$	0,8487
	Kudzu Tropical	48,1 aA	67,8 aA	136,3 aA	151,6 aA	$1,515940x - 31,702250$	0,9316
	Veget. Espontânea	48,8 aA	121,3 aA	119,0 aA	126,2 aB	$0,919280x + 23,404250$	0,6497

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, em cada ciclo, e maiúscula em cada cobertura não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Dados da interação tripla para o cobre (Tabela 4) apresentam elevada variabilidade no ajuste das regressões, principalmente no 3º e 4º ciclos. Dentre os manejos convencional e com plantas de cobertura as variações foram pequenas, ocorrendo pontualmente e tendo pouco sentido biológico. Maiores teores de cobre ocorreram, de modo geral, no terceiro ciclo, sendo as médias iguais a 5,0, 7,45 e 4,65 mg kg⁻¹ encontradas no 2º, 3º e 4º ciclos, respectivamente (dados do fator ciclo isoladamente).

Tabela 4. Cobre (mg kg⁻¹) foliar da bananeira Prata Anã em função da lâmina de irrigação e diferentes manejos de produção em três ciclos de cultivo

Ciclo	Cobertura	Lâmina (%)				Equação	R ²
		50	75	100	125		
2º	Convencional	7,1 aA	5,9 aA	5,4 aB	4,1 aA	-	-
	Calopogônio	4,7 abA	4,8 aA	4,5 aA	2,5 abB	-	-
	Kudzu Tropical	2,4 bB	5,4 aA	4,7 aA	4,6 aA	-	-
	Veget. Espontânea	6,4 aA	5,5 aA	5,7 aB	6,4 aA	-	-
3º	Convencional	7,2 aA	4,1 bA	10,3 bA	7,0 aA	-0,000202x3** + 0,053026x2** - 4,349367x** + 117,397500	0,100
	Calopogônio	6,0 aA	8,5 aA	5,3 cA	7,7 aA	0,000120x3* - 0,031538x2* + 2,615517x* - 60,910000	0,100
	Kudzu Tropical	7,7 aA	8,3 aA	6,5 cA	6,4 aA	-	-
	Veget. Espontânea	6,7 aA	6,8 bA	13,9 aA	6,7 aA	-0,000228x3** + 0,057018x2** - 4,410367x** + 113,247500	0,100
4º	Convencional	6,9 aA	6,8 aA	2,5 aB	3,8 aA	-0,054500x** + 9,755000	0,6458
	Calopogônio	6,6 aA	7,7 aA	2,7 aA	4,7 aAB	0,000138x3* - 0,035930x2* + 2,896133x* - 65,677500	0,100
	Kudzu Tropical	6,1 aAB	5,3 aA	3,6 aA	2,7 aA	-0,047340x* + 8,602250	0,9806
	Veget. Espontânea	7,7 aA	1,3 bB	2,5 aB	3,5 aA	0,002981x2** - 0,56656x5** + 28,184125	0,8666

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, em cada ciclo, e maiúscula em cada cobertura não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o zinco (Tabela 5) também ocorreu grande variação dos teores entre as bananeiras das diferentes coberturas do solo, bem como dentre os diferentes ciclos e lâminas de irrigação. Apesar disso, a análise isolada do ciclo indica que no terceiro ciclo a absorção de Zn foi superior a dos demais ciclos e dentre os diferentes manejos verificou-se que as plantas do manejo convencional absorveram mais zinco (55,63 g kg⁻¹) em comparação ao manejo com calopogônio (38,24 g kg⁻¹), kudzu tropical (35,82 g kg⁻¹) e vegetação espontânea (35,92 g kg⁻¹).

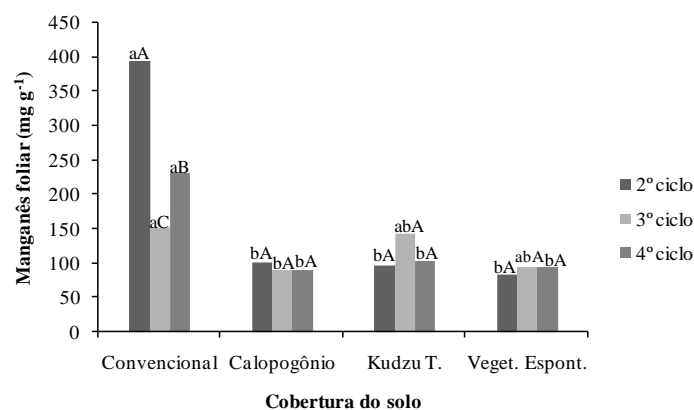
Tabela 5. Zinco (mg kg⁻¹) foliar da bananeira Prata Anã em função da lâmina de irrigação e diferentes manejos de produção em três ciclos de cultivo

Ciclo	Cobertura	Lâmina (%)				Equação	R ²
		50	75	100	125		
2º	Convencional	59,5 aA*	30,9 abA	30,3 bB	31,2 aB	-0,342060x* + 67,865250	0,5913
	Calopogônio	30,7 cA	41,8 aB	30,5 bA	37,6 aA	-	-
	Kudzu Tropical	35,4 cA	36,4 abA	44,2 aA	32,3 aA	-	-
	Veget. Espontânea	44,4 bA	40,0 aA	33,5 bA	29,7 abA	-	-
3º	Convencional	50,1 aA	31,4 cA	95,4 aA	70,1 aA	-0,002835x3** + 0,478902x2** - 38,824050x** + 1023,375	0,100
	Calopogônio	32,6 bA	90,4 aA	37,3 bA	41,7 bA	0,001797x3** - 0,492972x2** + 42,598067x** - 1089,51	0,100
	Kudzu Tropical	32,7 bA	45,3 bA	42,7 bA	44,0 bA	-	-
	Veget. Espontânea	31,3 bA	46,8 bA	44,0 bA	47,7 bA	-	-
4º	Convencional	37,0 A	42,7 aA	34,3 aB	34,8 aB	-	-
	Calopogônio	27,8 bA	28,1 bB	31,2 aA	29,4 aA	-	-
	Kudzu Tropical	27,5 bA	28,3 bA	28,2 abA	33,0 aA	-	-
	Veget. Espontânea	28,0 bA	26,6 bA	26,6 abA	32,6 aA	-	-

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, em cada ciclo, e maiúscula em cada cobertura não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o manganês observou-se, de modo geral, teores superiores no manejo convencional em comparação aos com plantas de cobertura (Figura 4). Nas plantas tratadas convencionalmente ocorreram variações significativas dentre os ciclos, com as bananeiras do segundo ciclo apresentando teores mais elevados que as do quarto e terceiro ciclo, respectivamente. Teores de Mn não variaram entre os ciclos, nos tratamentos com plantas de cobertura.

Figura 4. Dados da interação cobertura x ciclo para o manganês foliar na bananeira Prata Anã. Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas em cada cobertura e letras minúsculas entre as coberturas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



De acordo com a ANOVA para os dados das trocas gasosas, da eficiência do uso da água e do índice relativo de clorofila (IRC) (Tabela 6), no segundo ciclo da bananeira, todas as variáveis foram influenciadas pela interação lâmina x cobertura, com exceção da EUAi e EUAm, sendo esta última afetada apenas pela cobertura do solo.

No terceiro ciclo a transpiração sofreu o efeito isolado da cobertura do solo enquanto a fotossíntese, EUAm e o índice relativo de clorofila foram influenciados isoladamente pelas lâminas de irrigação e cobertura do solo. No quarto ciclo, as lâminas de irrigação afetaram significativamente a EUAm; a cobertura do solo afetou a fotossíntese e o IRC sofreu efeito de ambos fatores.

Como mostra a Figura 5, valores médios da fotossíntese do segundo ciclo foram maiores no manejo convencional e com vegetação espontânea (acima de $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Para o kudzu tropical e calopogônio a fotossíntese média foi de $8,7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 5A). Apesar disso, o ajuste linear das lâminas de irrigação para A, só ocorreu nos tratamentos com leguminosas, sendo para o calopogônio observado incremento de

aproximadamente $6,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ entre a lâmina de 50% e 125%. Para o kudzu ocorreu uma pequena redução em A com o aumento das lâminas de irrigação (Figura A).

Os valores médios da g_s variaram de 0,17 a 0,19 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e os valores de E de 5,9 a 6,6 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ dentre as coberturas do solo. Para o calopogônio ocorreu aumentos em g_s e E com a aplicação de maiores lâminas de irrigação (Figuras B e C). Nesse tratamento verificou-se o incremento de 0,17 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ na g_s e de 4,81 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ em E da lâmina de 50 para 125% da ETc. Nos demais tratamentos ocorreram ajustes quadráticos e cúbicos.

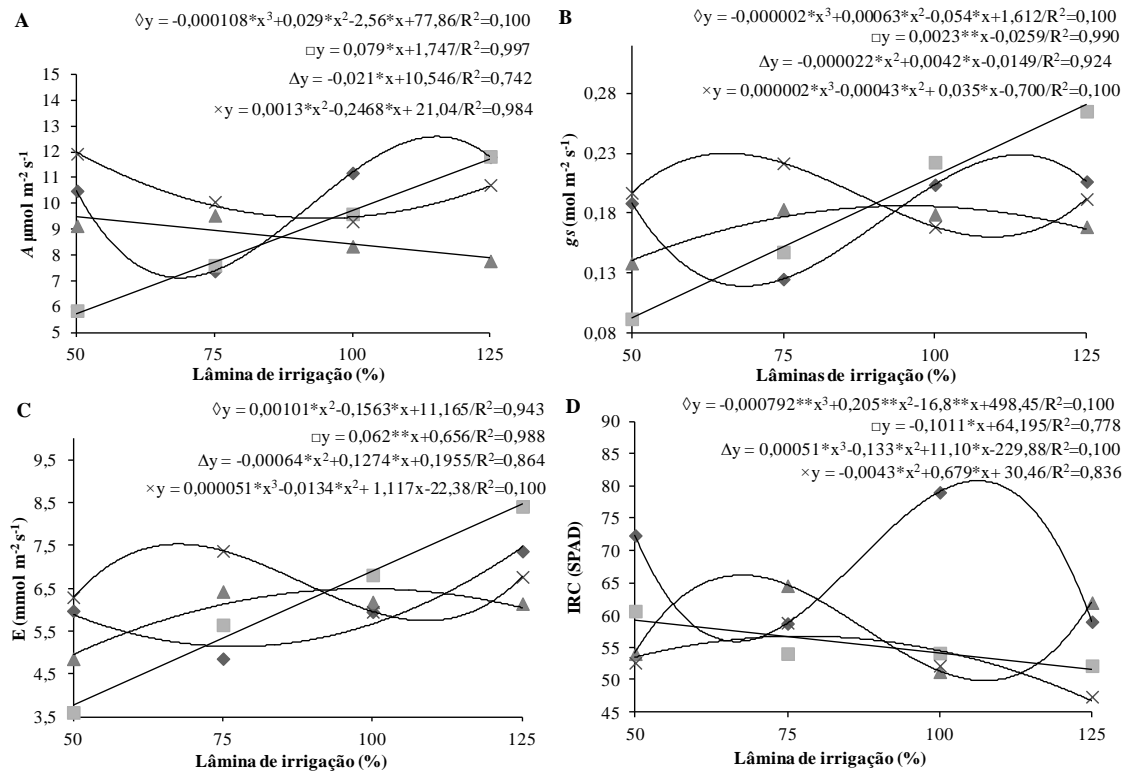
Tabela 6. Resumo da análise de variância para as trocas gasosas, eficiência do uso da água e índice relativo de clorofila da bananeira cv Prata Anã em função de diferentes lâminas de irrigação, coberturas do solo e ciclos culturais

Fontes de variação	GL	Quadrado médio					
		A	g_s	E	EUAm	EUai	IRC
2º ciclo							
Bloco	3	4,25849	0,00328ns	8,22426ns	0,97496*	520,93427ns	163,54737ns
Lâmina (A)	3	9,69630ns	0,00933*	10,67223*	0,35713ns	269,04474ns	74,39571ns
Resíduo (A)	12	10,17503	0,006679	3,30426	0,18863	258,3514	63,48932
Cobertura (B)	3	14,76609*	0,00200ns	1,46417ns	0,22348*	87,43885ns	642,14177**
Lâmina x Cobertura	9	13,24002*	0,00792*	4,51672*	0,05464ns	161,69621ns	211,90280*
Resíduo (B)	36	4,59457	0,00276	2,02344	0,07511	138,41262	77,28777
CV % (A)		36,56	45,45	29,48	27,2	28,81	13,65
CV % (B)		22,48	28,98	23,07	17,17	21,09	15,06
3º ciclo							
Bloco	3	32,04441**	0,02773ns	9,54313*	0,02024ns	94,87754ns	14,54599ns
Lâmina (A)	3	3,5497*	0,00328ns	0,35479ns	0,14025*	90,70588ns	29,76307*
Resíduo (A)	9	2,53558	0,01084	1,82472	0,03244	53,0843	13,75724
Cobertura (B)	3	46,60774**	0,02842ns	2,77693*	0,19135**	16,02519ns	215,26557**
Lâmina x Cobertura	9	8,97122ns	0,01489ns	1,96949ns	0,05132ns	42,07402ns	9,93238ns
Resíduo (B)	36	7,30567	0,01072	0,95053	0,03987	34,32279	13,38734
CV % (A)		9,29	23,59	15,21	9,32	18,2	7,27
CV % (B)		15,76	23,47	10,98	10,33	14,64	7,17
4º ciclo							
Bloco	3	9,89957ns	0,02551*	14,96126**	0,08768ns	26,32922ns	86,16516ns
Lâmina (A)	3	7,94853ns	0,00934ns	1,53696ns	0,03147**	8,49927ns	2,83766*
Resíduo (A)	9	6,3544	0,00421	0,81358	0,08412	45,76584	66,10363
Cobertura (B)	3	11,69952*	0,01498ns	2,09314	0,03298ns	8,14278ns	500,21391**
Lâmina x Cobertura	9	5,03945ns	0,00476ns	0,3866	0,033ns	5,99491ns	31,52405ns
Resíduo (B)	36	3,23055	0,00538	0,68313	0,02071	9,00187	30,66887
CV % (A)		19,01	14,5	10	19,67	22,59	14,93
CV % (B)		13,56	16,4	9,17	9,76	10,02	10,17

**, * e ns, significativo a 1, 5% e não significativo pelo teste F respectivamente. A – fotossíntese; g_s – condutância estomática; E – transpiração; EUAm – eficiência momentânea do uso da água; EUai – eficiência intrínseca do uso da água; IRC – índice relativo de clorofila.

Para as lâminas de 50 e 100%, maiores IRC ocorreram no manejo convencional (média igual a 67,4) (Figura 5 D). Assim como para as demais variáveis, apenas no tratamento com calopogônio ocorreu o ajuste linear da lâmina de irrigação, sendo nesse caso observado o decréscimo do IRC com o aumento das lâminas de irrigação.

Figura 5. Dados da interação lâmina x cobertura no manejo convencional (\diamond), com calopogônio (\square), kudzu (Δ) e Veget. spont. (\times) para a fotossíntese (A) (A), condutância estomática (g_s) (B), transpiração (E) (C) e índice relativo de clorofila (IRC) (D), no 2º ciclo da bananeira Prata Anã.



No 3º e 4º ciclos da bananeira, ficou evidenciado que as plantas manejadas convencionalmente, possuíam maiores taxas fotossintéticas e IRC que as manejadas com plantas de cobertura, porém as taxas transpiratórias não variaram entre os tratamentos hídricos (Tabela 7).

A EUAm no 2º e 3º ciclos seguiu a mesma tendência das variáveis anteriores, sendo o manejo convencional o com melhores resultados, porém em ambos ciclos a EUAm não diferiu estatisticamente entre o manejo convencional e com kudzu tropical (Tabela 7).

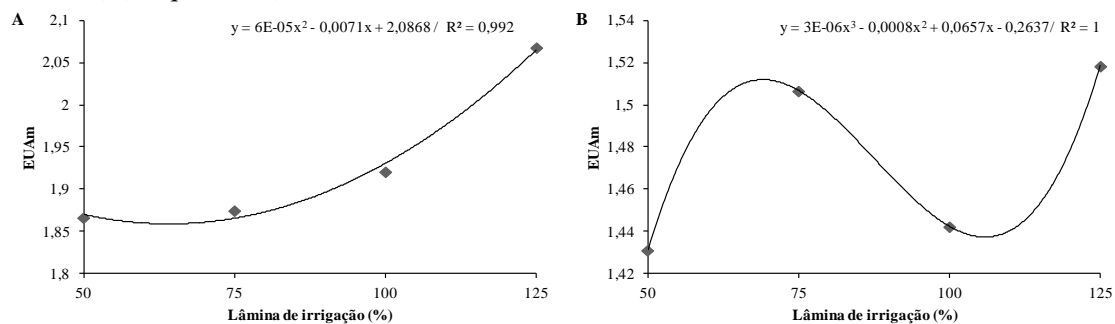
Tabela 7. Efeito dos diferentes tipos de cobertura do solo na fotossíntese (A), transpiração (E), eficiência momentânea do uso da água (EUAm) e índice relativo de clorofila (IRC) da bananeira cv Prata Anã em diferentes ciclos culturais

Cobertura	Fotossíntese (A)		Transpiração (E)		Eficiência momentânea do uso da água (EUAm)		Índice relativo de clorofila (IRC)							
	3º ciclo	4º ciclo	3º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	3º ciclo	4º ciclo							
Convencional	19,43	a	14,24	a	9,33	a	1,74	a	2,09	a	56,48	a	62,70	a
Calopogônio	17,21	ab	12,41	b	9,12	a	1,48	b	1,89	b	48,51	b	52,73	b
Kudzu T.	16,58	b	13,70	ab	8,63	a	1,53	ab	1,92	ab	49,58	b	50,31	b
Veget. Espont.	15,36	b	12,69	ab	8,43	a	1,64	ab	1,83	b	49,53	b	52,09	b

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, em cada ciclo, e maiúscula em cada cobertura não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No 3º e 4º ciclos da bananeira, ocorreu o incremento linear (Figura 6A) e quadrático (Figura 6B) da EUAm com o aumento das lâminas de irrigação.

Figura 6. Efeito da lâmina de irrigação na eficiência momentânea do uso da água (EUAm) no terceiro (A) e quarto (B) ciclos da bananeira Prata Anã.



DISCUSSÃO

Os teores médios de N foliar das plantas conduzidas no manejo convencional incluem-se na faixa entre 21,6 – 28,5 g kg⁻¹, encontrada por Borges *et al.* (2006) quando analisaram o N foliar de vinte e quatro genótipos de bananeiras. Esses valores são considerados adequados para a cv Prata Anã (Tabela 2).

Maiores teores de N no manejo convencional se justificam pela adubação com 720 kg de N ha⁻¹ distribuídos nos três ciclos de cultivo, enquanto para os tratamentos com plantas de cobertura, a dose foi de apenas 32 kg de N ha⁻¹ adicionada na fundação do 1º ciclo cultural (não analisado no presente estudo). Portanto, é coerente, que a elevada aplicação de N solúvel (via ureia) e prontamente disponível, tenha favorecido a absorção foliar de N no tratamento convencional em detrimento dos demais tratamentos, que apenas dependiam da mineralização dos resíduos das plantas de cobertura e de uma pequena parte dos restos culturais da bananeira (provenientes da desfolha).

Em relação às diminutas diferenças entre os teores de N das bananeiras com plantas de cobertura leguminosas e com a vegetação espontânea, é importante destacar que, apesar de plantas de coberturas leguminosas terem potencial de aportar quantidades consideráveis de N, como ocorrido no primeiro ciclo deste estudo, onde a leguminosa kudzu aportou mais de 160 kg de N ha⁻¹ (BARBOSA, 2012) e como sugerido por Teodoro *et al.* (2011), Kaho *et al.* (2009) e Perin *et al.* (2004), plantas de cobertura

espontâneas podem também aportar quantidades elevadas de N, devido a maior produção de matéria seca.

No primeiro ciclo dessa pesquisa, Barbosa (2012) mostrou que apesar da vegetação espontânea apresentar em média, teores de N 37% menores que o das leguminosas kudzu e calopogônio, a diferença no aporte desse nutriente entre vegetação espontânea e leguminosas foi de apenas 15,2%, devido a maior produção de matéria seca da vegetação espontânea. Tal fato pode explicar os similares teores de N entre bananeiras associadas às leguminosas e a vegetação espontânea, principalmente quando se considera que a disponibilidade do N de resíduos vegetais é muito variável (PEOPLES *et al.*, 2015).

Outro fato a se considerar é o efeito da rápida decomposição dos resíduos das leguminosas, que pode ter ocasionado o assincronismo entre a disponibilidade do N e a absorção pela bananeira, resultando em perdas de N nos tratamentos com leguminosas, haja vista que segundo LI *et al.* (2013) resíduos de soja tiveram uma taxa de decomposição mais elevada do que resíduos de milho e ambos apresentaram maior decomposição quando colocados em superfície, em comparação a quando foram incorporados ao solo.

Sugere-se que os menores teores de N no segundo ciclo das bananeiras se devem a menor lâmina total de irrigação aplicada, como indica a Figura 1 do Capítulo II, portanto, a menor absorção desse elemento via fluxo de massa. Em relação aos efeitos das lâminas de irrigação, destaca-se que os decréscimos lineares do N foliar, observados com o aumento da lâmina de irrigação (Tabela 2) podem resultar da lixiviação de N nítrico para além do alcance do sistema radicular da bananeira, fato tratado por Zhu *et al.* (2005) que num estudo de campo de dois anos, identificaram o aumento da lixiviação de nitrato com o aumento do volume de água aplicada no solo.

Assim como em nosso estudo, BORGES *et al.* (2006) e BARBOSA *et al.* (2013) encontraram teores de fósforo variando entre 1,5 g kg⁻¹ e 1,78 g kg⁻¹, em bananeiras manejadas convencionalmente, sendo tais valores considerados baixos em comparação a outras fruteiras como o limoeiro (ROZANE *et al.*, 2007) e videiras (TEIXEIRA *et al.*, 2015). Apesar disso, resultam do fato do P ser apenas o sexto macronutriente inorgânico requerido pela bananeira (BORGES; OLIVEIRA 2000).

Baseando-se no fato de que no presente estudo todos os tratamentos receberam a mesma quantidade de P via adubação mineral, é coerente afirmar que os menores teores

em bananeiras manejadas convencionalmente resultam de sua menor disponibilidade nos solos desse tratamento, o que se deve possivelmente ao baixo fornecimento desse elemento pelos restos culturais das bananeiras em comparação aos resíduos das plantas de cobertura. Um fato que reforça essa afirmação é que no primeiro ciclo deste experimento as bananeiras manejadas convencionalmente apresentaram teores foliares de P em média 2,6% menores que as bananeiras manejadas com plantas de cobertura (BARBOSA, 2012).

Além disso, segundo Cavalcante, Sampaio e Cavalcante (2005) bananeiras mãe mantêm interdependência com a filha, com ampla distribuição do P absorvido, sugerindo que bananeiras associadas com plantas de cobertura podem ter se beneficiado de uma maior quantidade de P proveniente das plantas do ciclo anterior.

Santos, Gatiboni e Kaminski (2008) também afirmam que o fósforo orgânico (originário de resíduos vegetais, como de plantas de cobertura) pode favorecer a disponibilidade contínua de P no solo devido apresentar simultaneamente, baixa a alta labilidade a depender dos compostos orgânicos presentes. Essa tendência não foi observada no quarto ciclo em função da menor ausência da adubação fosfatada. Noutro trabalho com a adubação orgânica no cultivo da bananeira Prata Anã, DAMATTO JUNIOR *et al.* (2006) verificaram que a adubação orgânica promoveu incrementos nos teores foliares de fósforo.

Assim como para o P, os maiores teores de K nas bananeiras associadas à vegetação espontânea e leguminosas, podem resultar da maior disponibilidade desse elemento nas subparcelas com plantas de cobertura. Pois, mesmo que bananeiras acumulem grandes quantidades de K, sugerindo elevada liberação desse elemento no solo via decomposição de seus restos culturais, Hoffmann *et al.* (2010) afirmam que até 37% de K absorvido pelas plantas é exportado pelos frutos. Além disso, leguminosas e gramíneas apresentam rápido rompimento e perda de umidade do tecido, podendo favorecer a liberação de K na solução do solo.

Segundo Torres e Pereira, (2008) gramíneas como milheto e braquiária, liberaram a maior parte do K de seus tecidos já nos primeiros 42 dias de decomposição, assim como ocorrido para a leguminosa crotalária, porém, apresentam maior acúmulo de K em comparação a leguminosas. Salmi, Salmi e Abboud, (2006) também afirmam que em diferentes genótipos de guandu, 65% do K contidos na biomassa remanescente havia sido liberado ao solo já aos 56 dias aproximadamente, corroborando nossa

afirmação de que a disponibilidade de K é maior nas parcelas com plantas de cobertura, sobretudo nas com vegetação espontânea, composta em sua maior parte por gramíneas.

Outro fator que pode explicar os menores teores de K nas plantas do manejo convencional é o efeito de diluição (POCOJESKI *et al.*, 2015), tendo em vista que bananeiras manejadas convencionalmente apresentaram maior crescimento (dados apresentados no capítulo II da presente Tese), portanto, podem ter acumulado quantidades de K similares ou mesmo superiores aos demais tratamentos, mesmo apresentando menores teores desse elemento por unidade de massa seca.

As variações nos teores dos macronutrientes secundários Ca e Mg e dos micronutrientes Fe, Cu, Mn e Zn, não apresentam relações claras com os fatores estudados e podem estar relacionados a interações mais específicas no solo, que afetam sua absorção, tal como: interações antagônicas entre nutrientes, eficiência de absorção e liberação dos nutrientes pelos resíduos de plantas, etc. (BARBOSA *et al.*, 2013; RESENDE *et al.*, 2010; PRADO, 2008). Mesmo assim, com exceção dos teores de ferro abaixo de 47 mg kg⁻¹, todos os outros nutrientes encontraram-se com teores nas faixas encontradas por Borges *et al.* (2006) em estudo com vinte e quatro genótipos de bananeira.

Em relação às trocas gasosas acredita-se que alguns fatores tal como: o elevado aporte de biomassa, a distribuição variável dos restos culturais da bananeira, da parte aérea do kudzu tropical e da vegetação espontânea e a ocorrência de irrigação anteriormente as determinações das trocas gasosas tenham ocasionado alterações na umidade do solo, explicando a falta de ajustes das regressões para as lâminas de irrigação. Pois, trabalhando com a leguminosa kudzu tropical, Teodoro *et al.* (2011) encontraram aumentos significativos no volume de água acumulado no solo com essa leguminosa. Souza *et al.* (2011) também verificaram que os resíduos de vegetação espontânea propiciaram níveis de umidade nas camadas de 0,10 e 0,20 m em média 2% superior aos níveis encontrados no solo exposto.

Para o calopogônio, a tendência linear crescente de A, gs e E com o aumento das lâminas de irrigação (Figura 5 A, B, e C) leva a crer que sua produção de biomassa inferior (dados não mostrados) foi insuficiente para interferir na umidade do solo, o que também explicaria os menores valores de A, gs e E nas bananeiras irrigadas com a menor lâmina de irrigação para essa cobertura, assim como observado por Álvarez *et al.* (2011) em plantas de *Callistemon* (escova-de-garrafa) que observaram a redução da

condutância estomática e da transpiração sob condições de déficit hídrico, bem como no estudo de Santos *et al.*, (2013), que mostrou que no do pião-manso o melhor desempenho fotossintético ocorre quando a disponibilidade de água no solo é maior.

No caso das plantas do tratamento com kudzu, onde o aumento das lâminas de irrigação favoreceu a redução da fotossíntese (Figura 5A), é possível que o excesso de água (encharcamento), facilmente atingido com a aplicação nas maiores lâminas de irrigação, seja o responsável pela redução nas trocas gasosas foliares, como corroborado por estudos com outras espécies (FLÓREZ-VELASCO *et al.*, 2015). Vale ainda destacar que além dos fatores supracitados, variações nas trocas gasosas do 2º ciclo podem ser função de sua determinação sob luz natural, por vezes inferior à radiação de saturação para a bananeira (SENTELHAS; PEREIRA; ANGELOCCI, 2000).

Valores absolutos das taxas de fotossíntese líquida encontrados em nosso estudo (Tabela 7) se encontram dentro da faixa considerada adequada para a bananeira segundo Raven, Evert e Eichhorn, (2001) que sugere que valores da taxa de assimilação líquida de CO₂ em plantas C3, como a bananeira, variam de 10 a 20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Os valores mais altos da fotossíntese no manejo convencional resultam possivelmente do melhor suprimento de N das plantas desse tratamento.

Corroborando os dados de nosso estudo, Melo *et al.* (2009) encontraram para a bananeira Prata Anã adubada com diferentes doses de N e K aumentos em *A* nas maiores doses de N e também verificaram que houve correlação positiva entre *A* e *g_s*, sendo que aumentos na *g_s* implicaram em aumentos nos influxos de CO₂ no mesófilo foliar possibilitando altas taxas de assimilação de CO₂. Boussadia *et al.* (2010) também constataram reduções significativas na fotossíntese máxima de oliveiras deficientes em N em comparação às plantas supridas com 100% da recomendação de N.

Assim como para a fotossíntese, o N é importante para a formação da clorofila das plantas, pois é componente estrutural dessa molécula, o que justifica o maior IRC nas plantas manejadas convencionalmente. Netto *et al.* (2005) utilizando medidor de clorofila SPAD, o mesmo utilizado em nosso estudo, verificaram que valores de clorofila nas folhas de café aumentaram linearmente com o teor de N nas folhas. Boussadia *et al.* (2010) cultivando oliveiras em solução nutritiva com diferentes concentrações de N por 35 dias, também verificaram que o IRC das plantas tratadas em soluções com 0 % de N foram significativamente menores em comparação aos tratamentos com 20, 40 e 100% de N.

A tendência de redução do IRC com o aumento das lâminas de irrigação, no tratamento com calopogônio (Figura 5D) pode está associado a ocorrência de lixiviação do N nas maiores lâminas de irrigação (BARBOSA *et al.*, 2013) e menor acúmulo desse elemento nas bananeiras (POCOJESKI, *et al.*, 2015).

Em relação à eficiência momentânea do uso da água, acredita-se que os maiores valores no tratamento convencional e com a leguminosa kudzu indicam que ambos os tratamentos otimizaram a perda de água via transpiração, principalmente nas maiores lâminas de irrigação, sendo esse fato benéfico e também observado nas bananeiras do primeiro ciclo (BARBOSA, 2012).

CONCLUSÕES

O manejo convencional favorece o aumento nos teores foliares de N da bananeira Prata Anã em comparação aos manejos que utilizam plantas de cobertura e dispensa a fertilização com ureia. O índice relativo de clorofila na bananeira é responsivo aos teores mais elevados de N foliar.

REFERÊNCIAS

- ÁLVAREZ, S.; NAVARRO, A.; NICOLÁS, E.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Transpiration, photosynthetic responses, tissue water relations and dry mass partitioning in *Callistemon* plants during drought conditions. **Scientia Horticulturae**. v. 129, p. 306–312, 2011.
- BARBOSA, F. E. L.; LACERDA, C. F. de; FEITOSA, H. de O.; SOARES, I.; ANDRADE FILHO, F. L. de; AMORIM, A. V. Crescimento, nutrição e produção da bananeira associados a plantas de cobertura e lâminas de irrigação. **R. Bras Eng Agríc Ambiental**, v.17, p.1271–1277, 2013.
- BARBOSA, F. E. L. **Crescimento, fisiologia e produção da bananeira prata anã associada a plantas de cobertura e lâminas de irrigação**. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- BASSOI, L. H.; SILVA, J. A. M. e; SILVA, E. E. G. da.; RAMOS, C. M. C.; TARGINO, E. de L.; MAIA, J. L. T.; FERREIRA, M. de N. L. **Informações sobre a distribuição de raízes da bananeira para o manejo de irrigação**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. (comunicado técnico, 108).

BORGES, A. L.; SILVA, S. de O. E.; CALDAS, R. C.; LEDO, C. A. da S. Teores foliares de nutrientes em genótipos de bananeira. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 28, n. 2, p. 314-318, 2006.

BORGES, A. L., OLIVEIRA, A. M. G. Nutrição, calagem e adubação. *In*: CODEIRO, Z. (org.). **Banana produção**: aspectos técnicos. Brasília: Embrapa, 2000. p. 47-59. (Frutas do Brasil, 1)

BOUSSADIA, O.; STEPPE, K.; ZGALLAI, H.; HADJ. S. B. E.; BRAHAM, M.; LEMEURE, R.; LABEKE, M. C. V. Effects of nitrogen deficiency on leaf photosynthesis, carbohydrate status and biomass production in two olive cultivars 'Meski' and 'Koroneiki'. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.123, p. 336-342, 2010.

CAVALCANTE, A. T.; SAMPAIO, E. V. de S. B.; CAVALCANTE, U. M. T. Interdependência na absorção e redistribuição de fósforo entre planta mãe e filha de bananeira. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 27, p. 255-259, 2005.

DAMATTO JUNIOR, BÔAS, E. R., R. L. V., LEONEL, S., FERNANDES, D. M. Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 28, n. 3, p. 546-549, 2006.

DORN, B.; STADLER, M.; HEIJDEN, M. V. D.; STREIT, B. Regulation of cover crops and weeds using a roll-chopper for herbicide reduction in no-tillage winter wheat. **Soil Till Res.** v.134, p.121-132, 2013.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3rd ed. Brasília: Embrapa; 2013.

FAO- Food and agriculture organization of the united nations. Statistics division-faostat [internet]. Estados Unidos da América: FAO; 2015 [acesso em jul 2015]. Disponível em:<http://faostat3.fao.org/browse/area/21/e>.

FLÓREZ-VELASCO, N.; BALAGUERA-LÓPEZ, H. E.; RESTREPO-DÍAZ, H. Effects of foliar urea application on lulo (*Solanum quitoense* cv. septentrionale) plants grown under different waterlogging and nitrogen conditions. **Scientia Horticulturae**. v.186, p. 154-162, 2015.

HOFFMANN, R. B.; OLIVEIRA, F. H. T. de; SOUZA, A. P. de; GHEYI, H. R.; SOUZA JÚNIOR, R. F. de. Acúmulo de matéria seca e de macronutrientes em cultivares de bananeira irrigada. **Rev. Bras. Frutic.** v. 32, n. 1, p. 268-275, 2010.

KAHO, F.; NA-AH, G. N.; YEMEFACK, M.; YONGUE-FOUATEU, R.; AMANG-ABANG, J.; BILONG, P.; TONYÉ, J. Screening of seven plant species for short-term improved fallows in the humid forest zone of cameroon. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.40, p. 1161-1170, 2009.

LI, S.X.; WANG, Z.H.; LI, S.Q.; GAO, Y.J. Effect of nitrogen fertilization under plastic mulched and non-plastic mulched conditions on water use by maize plants in dryland areas of China. **Agricultural Water Management**. v. 162, p. 15-32, 2015.

LI, L. J.; LU-JUN, L.; XIAO-ZENG, H.; MENG-YANG, Y.; YA-RU, Y.; XUE-LI, D.; YUN-FA, Q. Carbon and nitrogen mineralization patterns of two contrasting crop residues in a Mollisol: Effects of residue type and placement in soils. **European Journal of Soil Biology**, v. 54, p. 1-6, 2013.

- MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 319p., 1997.
- MELO, A. S.; SILVA JÚNIOR, C. D. da; FERNANDES, P. D.; SOBRAL, L. F.; BRITO, M. E. B.; DANTAS, J. D. M. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.733-741, 2009.
- MOREIRA A.; FAGERIA, N. K. Yield, Uptake, and Retranslocation of Nutrients in Banana Plants Cultivated in Upland Soil of Central Amazonian. **Journal of Plant Nutrition**. v. 32, p. 443–457, 2009.
- NETTO, A. T.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J. G. de; BRESSAN-SMITH, R. E. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 104 p. 199-209, 2005.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 35-40, 2004.
- PEOPLES, M. B.; CHALK, P. M.; UNKOVICH, M. J.; BODDEY, R. M. Can differences in ¹⁵N natural abundance be used to quantify the transfer of nitrogen from legumes to neighbouring non-legume plant species? **Soil Biol Biochem**. v. 87, p.97-109, 2015.
- PINTO, J. M.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J.; FILHO, J. C. F. Doses de Nitrogênio e potássio aplicadas via fertirrigação em bananeira. **Irriga**. v. 10, n. 1, p. 46 – 52, 2005.
- POCOJESKI, E.; SILVA, L. S. da; KAEFER, S.; MORO, V. J.; GRIEBELER, G. Uso do clorofilômetro no monitoramento nutricional de arroz irrigado com vistas ao manejo da adubação nitrogenada1. **Rev. Ceres**, v. 62, n.3, p. 310-318, 2015.
- PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. 1.ed. São Paulo: UNESP, 2008. 407p.
- RAVEN, P.R.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**, 6ª ed., rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- RESENDE. G. M.; ALVARENGA, M. A. R.; YURI, J. E.; SOUZA, R. J. Doses de nitrogênio e molibdênio no rendimento e teor de micronutrientes em alface americana. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.266-270, 2010.
- ROZANE, D. E.; PRADO, R. DE M.; AMAURI W. N.; BEUTLER, N.; SILVA, S. R. DA; BARBOSA, J. C. Nitrogênio, fósforo e potássio afetando a nutrição e produção de porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle. **Ceres**, v. 54, n. 315, p. 422-429, 2007.
- SALMI, G. P.; SALMI, A. P.; ABOUD, A. C. de S. Dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes de genótipos de guandu sob cultivo em aléias. **Pesq. agropec. bras.**, v.41, n.4, p.673-678, 2006.
- SANTOS, C. M. dos; VERISSIMO, V.; WANDERLEY FILHO, H. C. de L.; FERREIRA, V. M.; CAVALCANTE, P. G. da S.; ROLIM, E. V.; ENDRES, L. Seasonal variations of photosynthesis, gas exchange, quantum efficiency of photosystem II and biochemical responses of *Jatropha curcas* L. grown in semi-humid and semi-arid areas subject to water stress. **Industrial Crops and Products**. v. 41, p. 203– 213, 2013.

SANTOS, D. R. DOS, GATIBONIII, L. C., KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, n.2, p.576-586, 2008.

SENTELHAS, P. C. ; PEREIRA, A. R. ; ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia agrícola**. 3. ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 172 p.

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E. de; CARVALHO, D. F. de; ANDRADE, I. P. de S.; ROCHA, H. S. da; SILVA, L. B. D. da. Umidade do solo e vegetação espontânea em diferentes coberturas mortas submetidas a lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.1, p.127-139, 2011.

TEIXEIRA, L. A. J.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P. Normas dris e níveis críticos de nutrientes para videira ‘niagara rosada’ cultivada na região de Jundiá-SP. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 37, n. 1, p. 247-255, 2015.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L. de; SILVA, D. M. N. da; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, p. 292-300, 2011.

TORRES J. L. R., PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p.1609-1618, 2008.

TURNER, D.W. E THOMAS, D.S. Measurements of plant and soil water status and their association with leaf gas exchange in banana (*Musa spp.*): a laticiferous plant. **Scientia Horticulturae**. v. 77, p. 177-193, 1998.

YIN, Z.; ZHANG, Z.; DENG, D.; CHAO, M.; GAO, Q.; WANG, Y.; YANG, Z.; BIAN, Y.; HAO, D.; XU, C. Characterization of Rubisco Activase Genes in Maize: An α -Isoform Gene Functions alongside a β -Isoform Gene. **Plant Physiology**. v. 164, n. 4, p. 2096-2106, 2014.

ZHOU, X.; ZHANG, Y.; JI, X.; DOWNING, A.; SERPE, M. Combined effects of nitrogen deposition and water stress on growth and physiological responses of two annual desert plants in northwestern China. **Environmental and Experimental Botany**. v. 74, p. 1–8, 2011.

ZHU, A.; ZHANG, J.; ZHAO, B.; CHENG, Z.; LI, L. Water balance and nitrate leaching losses under intensive crop production with Ochric Aquic Cambosols in North China Plain. **Environment International**, v. 31, p. 904 – 912, 2005.

Capítulo IV

QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS CULTIVADAS COM BANANEIRAS ASSOCIADAS A PLANTAS DE COBERTURA

Resumo: A conversão de ecossistemas naturais em agrícolas afeta a qualidade do solo, principalmente por alterar os teores de carbono orgânico e a atividade biológica. Nesse aspecto, objetivou-se avaliar a qualidade de um solo cultivado durante três anos com a bananeira cv Prata Anã associada a leguminosas perenes, manejadas como coberturas vivas. Foi desenvolvida uma pesquisa de campo utilizando delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas pelas lâminas de irrigação: 50%, 100% e 125% da evapotranspiração da cultura (ETc) e as subparcelas pelos manejos: convencional (com adubação nitrogenada e ausência de plantas de cobertura) e com as plantas de cobertura calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.), kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* Benth.) e vegetação espontânea. Durante o quarto ciclo das bananeiras, armadilhas ‘*pitfall*’ foram instaladas nas áreas das lâminas de 50 e 125%, e numa área de vegetação nativa, visando determinar a composição da fauna edáfica. No final do mesmo ciclo, amostras de solo foram usadas na determinação dos indicadores: respiração basal do solo (RB), carbono da biomassa microbiana (Cmic), quociente metabólico (qCO_2), carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado a minerais (COM). O manejo convencional e com cobertura de vegetação espontânea proporcionaram maior acúmulo de COT no solo, no entanto, o manejo convencional é o que apresenta maior desequilíbrio entre as populações de artrópodes do solo, predominando neste grupo a ordem Acare que pode atuar como praga da bananeira.

Palavras-chave: carbono orgânico, fauna edáfica, armadilhas ‘*Pitfall*’.

SOIL QUALITY IN CULTIVATED AREAS WITH BANANA INTERCROPPED WITH COVER CROPS

Abstract: The conversion of natural and agricultural ecosystems affect soil quality, particularly by changing the organic carbon content and biological activity. In this regard, the objective of this chapter is to evaluate the quality of a soil for three years with the banana cv Prata Anã associated with perennial legumes, managed as living roofs. For this purpose, a field research was conducted using a randomized block design with split plots, with four replications. The plots were composed by irrigation levels: 50%, 100% and 125% of crop evapotranspiration (ETc) and the subplots by managements: conventional (with nitrogen fertilization and lack of cover crops) and cover crops: calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.), tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides* Benth.) and spontaneous vegetation. During the fourth cycle of banana trees, Pitfall traps were installed in the areas of the blades 50 and 125%, in a native vegetation area, in order to determine the composition of the soil fauna. At the end of the same cycle, soil samples were collected to determine the indicators basal soil respiration (BR), microbial biomass carbon (Cmic), metabolic quotient (qCO_2), total organic carbon (COT), particulate organic carbon (COP) and organic carbon associated with minerals (COM). The conventional tillage and spontaneous vegetation cover provide greater accumulation of TOC in the soil, however, the conventional management is the one with greater imbalance between the populations of soil arthropods, predominantly in this group Acare order that can act as pest banana.

Keywords: organic carbon, soil fauna, traps pitfall.

INTRODUÇÃO

O termo qualidade do solo tem ganhado considerável destaque nos últimos anos, em função do reconhecimento da necessidade da sustentabilidade agrícola. Segundo Doran e Zeiss (2000) ele faz menção à capacidade contínua do solo funcionar como um sistema vivo dentro do ecossistema e uso da terra, para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade do ar, água e ambiente, e promover a saúde animal, vegetal e humana.

Sabe-se que a conversão de ecossistemas naturais em agrícolas afeta a qualidade do solo, devido às práticas de manejo desenvolvidas na agricultura, alterarem várias propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (KASCHUK *et al.*, 2011). Dentre as

propriedades biológicas, a biomassa microbiana do solo é capaz de refletir mudanças nos fatores abióticos e nas práticas de manejo do solo mesmo antes que ocorram alterações nos níveis de matéria orgânica deste. Portanto, seu valor e os índices calculados a partir dele, são potenciais indicadores da qualidade em solo cultivados (GAMA-RODRIGUES *et al.*, 2005; NAIR e NGOUAJIO, 2012).

O teor de carbono orgânico que o solo acumula é outro fator amplamente utilizado na avaliação da qualidade do solo, por ser vital para a ciclagem completa do carbono, além de ser agronomicamente sinônimo de melhoria das condições físicas e de fertilidade do solo, que são tão importantes para a melhoria das produções da sustentabilidade da atividade agrícola e para a qualidade do meio ambiente como um todo (POWLSON *et al.*, 2012).

Mas recentemente, a fauna edáfica tem sido considerada indicador da qualidade dos solos (JEREZ-VALLE *et al.*, 2014). A citada fauna do solo compreende numerosos organismos funcionalmente importantes ao ecossistema por atuarem na decomposição da matéria orgânica, estabilização de carbono e ciclagem de nutrientes (NEHER *et al.*, 2012), sendo abundantes os estudos que identificaram variações qualitativas e quantitativas na fauna edáfica em decorrência das práticas de cultivo, da uniformidade da cobertura vegetal e das mudanças físicas causadas no ambiente solo (CROTTY *et al.*, 2015; HEDÊNEC *et al.*, 2014; NOGUEIRA, 2006).

Algumas práticas de manejo, conhecidas com alternativas, podem reduzir os impactos da agricultura sobre a qualidade do solo. Por exemplo, a inclusão de plantas de cobertura no manejo agrícola pode contribuir com a proteção da superfície contra a erosão ocasionada pelas chuvas, manter a umidade do solo, fornecer abrigo e alimento para a biota, aumentar a matéria orgânica e melhorar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (ENVAGELISTA *et al.*, 2013; NOGUEIRA, 2006).

Nesse sentido, estudos tem mostrado que o manejo com culturas de cobertura leguminosas incrementam o carbono orgânico no solo e estimulam o crescimento da biomassa microbiana (NAIR; NGOUAJIO, 2012; NUNES *et al.*, 2011). De acordo com Hubbard, Strickland e Phatak (2013), a utilização de culturas de cobertura em plantio direto aumenta os níveis de C e N do solo proporcionando melhorias na estrutura do mesmo. Valem destacar que o incremento de material vegetal também estimula a fauna edáfica, em função das melhores condições de umidade e temperatura, favoráveis à sua

presença e atividade, e o fornecimento de alimento (COTRUFO, DEL GADO e PIERMATTEO, 2009).

No entanto, mudanças de curto prazo no total de carbono orgânico devido às práticas de manejo do solo, são muitas vezes difíceis de avaliar (ZOTARELLI *et al.*, 2007). Tal afirmação foi constatada por Guareschi e Perreira (2013), que verificaram quando utilizaram a parte aérea da leguminosa *Flemingia macrophylla* como planta de cobertura no cultivo de milho, que o teor de carbono orgânico total do solo não foi alterado, apesar de ter ocorrido aumento no carbono da matéria orgânica leve, determinada pelo fracionamento físico da matéria orgânica do solo (MOS).

Em outro estudo, Li *et al.* (2013) mostraram que o uso do plantio direto aumentou as concentrações de C e N na fração leve da MOS, embora a MOS total tenha mudado pouco em dois anos. Nesse caso, vale destacar a importância de se utilizar metodologias mais sensíveis para comparação da dinâmica da matéria orgânica entre diferentes tipos de manejo, principalmente em curtos períodos de tempo (NASCENTE, LI e CRUSCIOL, 2013; NUNES *et al.*, 2011; FIGUEIREDO *et al.*, 2010).

Ante o exposto, o presente trabalho objetivou avaliar, por meio de indicadores biológicos e químicos, a qualidade de um solo cultivado com bananeiras cv Prata Anã, manejadas convencionalmente e associadas a plantas de cobertura leguminosas.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área experimental

A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Experimental Vale do Curu (FEVC), pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC), no município de Pentecoste, Ceará, Brasil (3° 48'S, 39°19'W, a uma altitude de 47 m). O clima de acordo com a classificação de Koppen é BSw'h' (clima quente e semiárido, com estação chuvosa podendo atrasar para o outono). Segundo dados da estação meteorológica da UFC, instalada na FEVC, a precipitação média anual é de 797 mm, a evapotranspiração potencial é 1847 milímetros, com período de déficit hídrico crítico de junho a janeiro.

O solo da área experimental é classificado como Neossolo Flúvico (EMBRAPA, 2013) e no início do estudo apresentava as seguintes características químicas: pH (água) = 7,1; CE = 0,36 dS m⁻¹; 0,75 g kg⁻¹ de N; 24 mg kg⁻¹ de P; 13,3 g kg⁻¹ de MO; CTC de

12,95 cmol_c kg⁻¹; 92% de V; e 9,1; 2,2; 0,27; 0,99; 0,05; 0,38 cmol_c kg⁻¹ de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, H⁺ + Al³⁺, Al³⁺ e Na⁺, respectivamente.

Delineamento experimental

Em novembro de 2010 foi implantado na área de estudo um plantio de bananeiras cv Prata Anã, associadas a plantas de cobertura e dispostas num delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nele o tratamento primário (parcelas) foi composto por três lâminas de irrigação: 50%, 100% e 125% da evapotranspiração da cultura (ET_c) e o tratamento secundário (subparcelas) pelos manejos: convencional (com adubação nitrogenada e ausência de plantas de cobertura) e com as plantas de cobertura calopogônio (*Calopogonium mucunoides* Desv.), kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* Benth.) e vegetação espontânea.

Cada subparcela (12 x 40 m) foi composta de quatro linhas de bananeiras Prata Anã, plantadas em sistema de fila única, com espaçamento de 3 x 2 m e um total de 80 plantas. As subsubparcelas tinham dimensões de 12 x 10 m, e continham vinte plantas, sendo as seis plantas centrais usadas nas avaliações (plantas úteis).

As leguminosas calopogônio e kudzu tropical foram plantadas um mês após o plantio das bananeiras e foram distribuídas nas entrelinhas das plantas, em sete fileiras espaçadas 0,25 m, sendo utilizada a densidade de plantio de 30 sementes por metro linear para ambas as espécies. A vegetação espontânea foi considerada como sendo todas as plantas nascidas, naturalmente, na entrelinha das bananeiras das subparcelas selecionadas para esse tratamento. A espécie *Panicum maximum* Jacq foi predominante na vegetação espontânea. A cada três meses aproximadamente, foram realizados cortes (roço) das leguminosas a uma altura de 0,15 m do solo para garantir a rebrota das plantas.

Plantio das mudas e manejo fitossanitário

O plantio de mudas micropropagadas de bananeira foi realizado no início de novembro de 2010, em covas com dimensões de 0,40 x 0,40 m. Na fundação foram adicionados 10 Mg ha⁻¹ de esterco bovino, 83 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico e 25 kg ha⁻¹ FTEBR12 (micronutrientes). Durante o primeiro ciclo foram ainda adicionados 315 kg ha⁻¹ de N no manejo convencional e 32 kg ha⁻¹ nos demais tratamentos (BARBOSA *et*

al., 2013). No 2º, 3º e 4º ciclos seguintes foram adicionados macronutrientes (NPK) duas vezes ao ano, totalizando no final do quarto ciclo: 405 kg ha⁻¹ de N, 35 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 570 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicados na forma de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Vale destacar que nas subparcelas com plantas de cobertura não houve a aplicação de fertilizante nitrogenado.

O manejo fitossanitário das bananeiras e plantas de cobertura ocorreu sempre que necessário, por meio de aplicações de inseticidas e fungicidas químicos. A irrigação da área era localizada do tipo microaspersão, com um emissor para duas plantas. O manejo da irrigação ocorreu com base na evapotranspiração de referência (ET₀) e coeficientes da cultura (K_c).

Determinação dos indicadores biológicos: RB, C_{mic} e qCO₂, e do carbono orgânico do solo

Visando saber o efeito das plantas de cobertura na qualidade química e microbiológica do solo, coletaram-se no final do quarto ciclo das bananeiras (aproximadamente 3,5 anos), amostras de solo compostas (na profundidade de 0-10 cm) em cada uma das subparcelas (cobertura do solo) do tratamento com a lâmina de irrigação de 100% da ET_c. Essas amostras foram usadas na determinação da respiração basal (ensaio de respirometria), do carbono da biomassa microbiana (C_{mic}), do quociente metabólico (qCO₂), além do carbono orgânico total (COT), carbono orgânico particulado (COP) e carbono orgânico associado a minerais (COM).

Vale destacar que a escolha de uma única parcela (lâmina de irrigação) para a realização das coletas de solo foi em função de problemas de abastecimento de água (no final do quarto ciclo) no Perímetro Irrigado onde se localizava o plantio, tendo em vista que tais problemas poderiam afetar as respostas dos parâmetros citados, sobretudo, nas maiores e menores lâminas aplicadas.

Imediatamente após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos vazados, para manter as trocas gasosas, e foram refrigeradas. A respiração basal foi estimada pelo CO₂ liberado a partir de 20 g de solo durante incubação por 24 h, sendo o CO₂ capturado por solução de NaOH 0,05 mol L⁻¹ e determinado por titulação com HCl 0,05 mol L⁻¹ (MENDONÇA e MATOS 2005). Nesse ensaio, a taxa de respiração basal do solo compreendeu o somatório da liberação do CO₂ durante 10 dias seguidos (respiração basal acumulada).

O carbono da biomassa microbiana foi avaliado pelo método da fumigação-extração (MENDONÇA e MATOS 2005), sendo determinado após o ataque das amostras com clorofórmio. Nesse método metade das amostras são fumigada com o clorofórmio por 48 horas, sendo durante esse período, as amostras não fumigadas mantidas em temperatura ambiente. Após a fumigação todas as amostras foram transferidas para recipientes de vidro com tampas rosqueáveis que continham KOH 0,3 mol L⁻¹. Após quatro dias de incubação no escuro, a quantidade de CO₂ liberado do solo foi determinada pela titulação com HCl 0,1 mol L⁻¹, 3 mL de BaCl₂ 20% e usando fenolftaleína 1% como indicador. A quantidade de carbono da biomassa microbiana do solo foi determinado pela diferença entre o CO₂ liberado das amostras fumigadas e não fumigadas. O quociente metabólico (qCO_2) foi calculado pela razão entre a taxa de respiração basal acumulada e o carbono da biomassa microbiana.

O teor de carbono orgânico total do solo (COT) foi determinado seguindo metodologia Walkley e Black modificado (YEOMANS; BREMNER, 1988) adaptada por Mendonça e Matos (2005). Posteriormente realizou-se o fracionamento físico da matéria orgânica utilizando a metodologia proposta por Cambardella e Elliot (1992) *apud* Nunes *et al.*, 2011, onde 20 g de solo foram colocados em frascos do tipo *snap-cap* de 250 mL e adicionados de 80 mL de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L⁻¹).

Os frascos foram agitados por 16 h em agitador horizontal a 150 batidas por minuto e a suspensão passada em peneira de 53 µm, com auxílio de jatos de água. O material retido na peneira foi seco em estufa a 50 °C até atingir peso constante e moído em gral de porcelana até passar em peneira de 0,149 mm. O teor de COT da fração particulada, denominado C orgânico particulado (COP) proveniente dessa amostra foi determinado igualmente ao COT. Os teores de C orgânico associados aos minerais (COM) foi obtido pela diferença entre os valores de COT e COP (COM = COT – COP).

Avaliação da fauna edáfica

Para saber o efeito da cobertura do solo e da aplicação de lâminas de irrigação deficitárias e excessivas na densidade da fauna edáfica, instalou-se em fevereiro de 2013, em cada uma das subparcelas (coberturas do solo) correspondentes as lâminas de irrigação de 50 e 125% da ETc, duas armadilhas tipo ‘*Pitfall*’, posicionadas equidistantes 3,0 m, no centro das entrelinhas das fileiras úteis de bananeiras, e instalou-

se oito armadilhas em uma área com vegetação de Caatinga semipreservada (Caatinga modificada - CM), localizada adjacente à área de estudo, para servir como referencial da condição original do solo.

Cada armadilha permaneceu no campo por sete dias e, após esse período, teve os exemplares capturados e transferidos para um recipiente contendo álcool 70%. As amostras foram etiquetadas e transportadas para o Laboratório de Acarologia e Entomologia (LAE) no Departamento de Fitotecnia (CCA-UFC) onde se procedeu à triagem, com auxílio de lupa binocular e de literatura especializada e onde ocorreu a contagem dos organismos coletados em cada armadilha determinando-se em cada tratamento a densidade absoluta de indivíduos de cada classe.

Análise estatística

Os dados dos indicadores microbiológicos e químicos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativos pelo teste F, foram comparadas pelo teste de médias Scott Knott $P < 0,05$, utilizando-se o programa estatístico Assisat 7.7 beta. Para os dados da fauna do solo procedeu-se a análise de componentes principais (ACP), com auxílio do programa Statistica 8.0 (Statsoft, 2013).

RESULTADOS

Dentre os indicadores microbiológicos e químicos apresentados na tabela 1 apenas o carbono orgânico total e o carbono orgânico associado a minerais sofreram efeito significativo da cobertura do solo.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os indicadores microbiológicos e químicos do solo cultivado com a bananeira cv Prata Anã, associada a diferentes plantas de cobertura

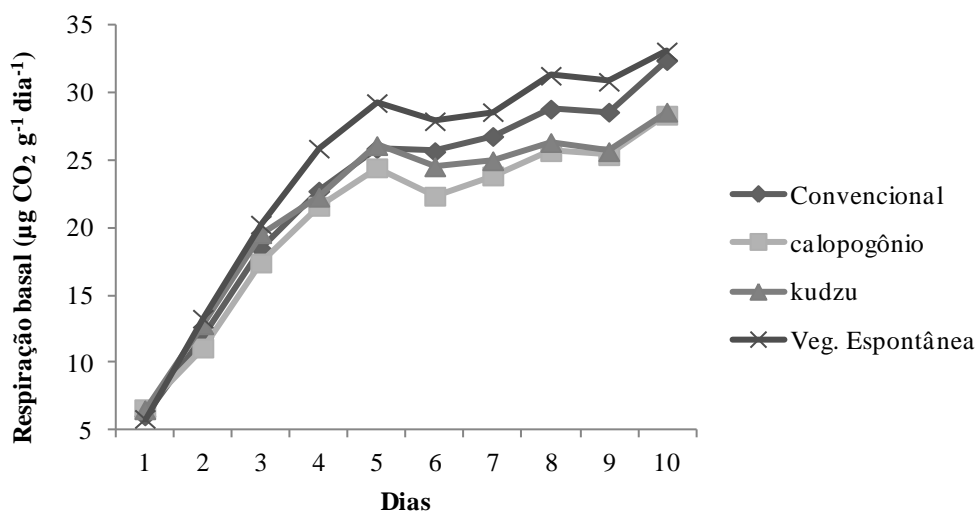
Fontes de variação	GL	Quadrado médio					
		RB	Cmic	qCO_2	COT	COP	COM
Blocos	3	10,94ns	3358,16ns	0,00024ns	2,17ns	2,50ns	8,93ns
Coberturas	3	24,71ns	8581,22ns	0,00101ns	57,53*	6,41ns	45,71*
Resíduos	9	10,08	4448,84	0,00033	9,09	3,41	9,94
CV (%)		10,38	19,15	19,85	8,56	7,42	30,47

**, * e ns, significativo a 1, 5% e não significativo pelo teste F respectivamente. RB - respiração basal; Cmic - carbono da biomassa microbiana; qCO_2 - quociente metabólico; COT- carbono orgânico total; COP- carbono orgânico particulado; COM- carbono orgânico associado a minerais.

Não ocorreram diferenças na respiração basal do solo dentre os tratamentos, no entanto, em termos absolutos verificou-se ao final de dez dias maiores valores da RB na

cobertura de vegetação espontânea e no manejo convencional ($33,08$ e $32,40 \mu\text{g CO}_2 \text{g}^{-1} \text{dia}^{-1}$, respectivamente) em comparação as coberturas com calopogônio e kudzu tropical ($28,35$ e $28,57 \mu\text{g CO}_2 \text{g}^{-1} \text{dia}^{-1}$, respectivamente) (Figura 1). Foi também evidenciado o crescimento quase linear do C-CO₂ acumulado até o quinto dia de avaliações, sendo registrados menores incrementos a partir do sexto dia (Figura).

Figura 1. Evolução da respiração basal do solo cultivado com a bananeira Prata Anã, associada a diferentes plantas de cobertura.



O carbono da biomassa microbiana (Cmic) variou de $301,82$ a $410,45 \mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 2A), não sendo observadas diferenças significativas entre os tratamentos de cobertura do solo. Para o quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) os valores também não diferiram, sendo em média de $\sim 0,090 \mu\text{g CO}_2 \mu\text{g Cmic}^{-1} \text{dia}^{-1}$ (Figura 2B).

O carbono orgânico total do solo (Tabela 2) foi maior nos solos com manejo convencional e com vegetação espontânea. Nos tratamentos de cobertura com plantas leguminosas a redução média no COT em relação aos manejos supracitados foi de $5,6 \text{g kg}^{-1}$. O carbono associado a minerais também mostrou-se maior no manejo convencional, seguido dos manejos com kudzu tropical e vegetação espontânea. A cobertura com calopogônio apresentou valores bastante inferiores para o COM, diferindo significativamente do manejo convencional (Tabela 2). O carbono orgânico particulado não diferiu entre os tratamentos.

Tabela 2. Carbono orgânico total (COT), Carbono orgânico particulado (COP) e Carbono orgânico associado a minerais (COM) em solo cultivado com a bananeira cv Prata Anã, associada a diferentes plantas de cobertura

Tratamentos	COT	COP	COM
	----- g kg ⁻¹ -----		
Convencional	39,80 a*	25,97 a	13,83 a
Calopogônio	30,74 b	25,03 a	5,71 b
Kudzu tropical	34,17 b	23,08 a	11,09 ab
V. espontânea	36,23 a	25,48 a	10,75 ab

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott knott a 5% de probabilidade.

Analisando os dados da densidade absoluta da meso e macrofauna do solo (Tabela 3), identifica-se que nos solos ocupados pela vegetação nativa preservada (tratamento CM) coexistem 19 espécies de artrópodes de solo, com um total de 12.939 indivíduos, os quais representam 55% do total de indivíduos encontrados, somando em todos os tratamentos avaliados.

Dentre os 19 grupos de artrópodes de solo identificados no tratamento CM, 95% dos indivíduos pertencem as subordens Poduromorpha, Symphypleona e Entomobryomorpha, que possuem cerca de 64,4%, 21,5% e 14,1% dos indivíduos, respectivamente (Tabela 3). Tais subordens pertencem a ordem dos colêmbolas, a mais abundante encontrada nos diferentes tratamentos, seguida da família Formicidae, subclasse Acari e ordem Coleóptera com 16,0, 6,0 e 3,0% dos indivíduos, respectivamente.

Independente do manejo empregado, a implantação do bananal, ocasionou redução média de 13 vezes na densidade dos colêmbolas e ocorreram variações no número desses indivíduos dentre os diferentes manejos na área cultivada, de modo que a cobertura com kudzu tropical preservou o maior número desses artrópodes, com 1.519 indivíduos, seguido do calopogônio, vegetação espontânea e por fim pelo convencional com 918, 803 e 642 indivíduos, respectivamente.

Em relação ao efeito das lâminas de irrigação verificou-se o incremento de 51,4 e 63,5% no número total de indivíduos na lâmina de 125% das coberturas de calopogônio e manejo convencional respectivamente, enquanto nos tratamento com kudzu e vegetação espontânea, o número total de indivíduos aumentou respectivamente em 61,8 e 31,5% na lâmina de 50%.

Tabela 3. Número total de indivíduos por grupo taxonômico coletado (somatório de todas as armadilhas) na mata nativa (CM) e no cultivo da bananeira associada às plantas de cobertura: calopogônio (CP), kudzu tropical (KT) e vegetação espontânea (VE) e sob manejo convencional (CV) e nas lâminas de irrigação correspondentes a 50% e 125% da ETC

ARTRÓPODES	SIGLA	CM	Lâmina 50% da Etc				Lâmina 125% da Etc				TOTAIS
			CP	KT	VE	CV	CP	KT	VE	CV	
Acari	AC	135	17	110	34	160	56	65	33	837	1447,0
Araneae	AR	25	30	34	49	9	36	41	26	16	266,0
Auchenorrhyncha	AU	5	0	0	3	0	4	0	0	2	14,0
Coleoptera	CO	183	48	105	49	54	75	70	60	30	674,0
Dermaptera	DE	11	14	25	2	4	7	18	6	4	91,0
Diptera	DI	27	5	27	19	3	12	8	5	6	112,0
Entomobryomorpha	EM	1730	8	222	74	49	97	35	16	85	2316,0
Formicidae	FO	98	365	579	500	189	637	334	710	465	3877,0
Hymenoptera	HY	32	15	39	15	12	7	8	7	9	144,0
Isopoda	IS	14	1	40	1	1	2	0	4	0	63,0
Larva Coleoptera	LC	26	3	3	16	32	1	29	3	24	137,0
Larva Diptera	LD	41	4	4	2	4	0	0	1	21	77,0
Orthoptera	OR	14	96	54	55	16	41	45	63	10	394,0
Poduromorpha	PO	7925	57	622	404	64	443	96	37	238	9886,0
Pseudoscorpionida	PS	1	0	5	0	1	1	0	1	3	12,0
Psocoptera	PSO	8	2	3	4	0	5	2	1	2	27,0
Sternorrhyncha	ST	15	5	10	39	5	6	2	14	1	97,0
Symphyleona	SY	2647	120	417	233	83	193	127	39	123	3982,0
Thysanoptera	TH	2	0	7	2	0	1	1	2	1	16,0
TOTAIS		12939	790	2306	1501	686	1624	881	1028	1877	23632

A análise de componentes principais mostrou que a variância acumulada nos dois primeiros componentes foi de 60,93 %, tendo o primeiro componente explicado 40,96% da variância total dos dados e o segundo 19,87% (Figura 3). Maiores correlações encontradas no primeiro componente principal (CP1) (Tabela 4) abrangem artrópodes Coleóptera, Diptera, Entomobryomorpha, Larva Diptera, Poduromorpha, Psocoptera e Symphyleona, sendo tais espécies predominantes na mata nativa, portanto indicando a ocorrência de grande diversidade de espécies nesse tratamento, em detrimento dos demais.

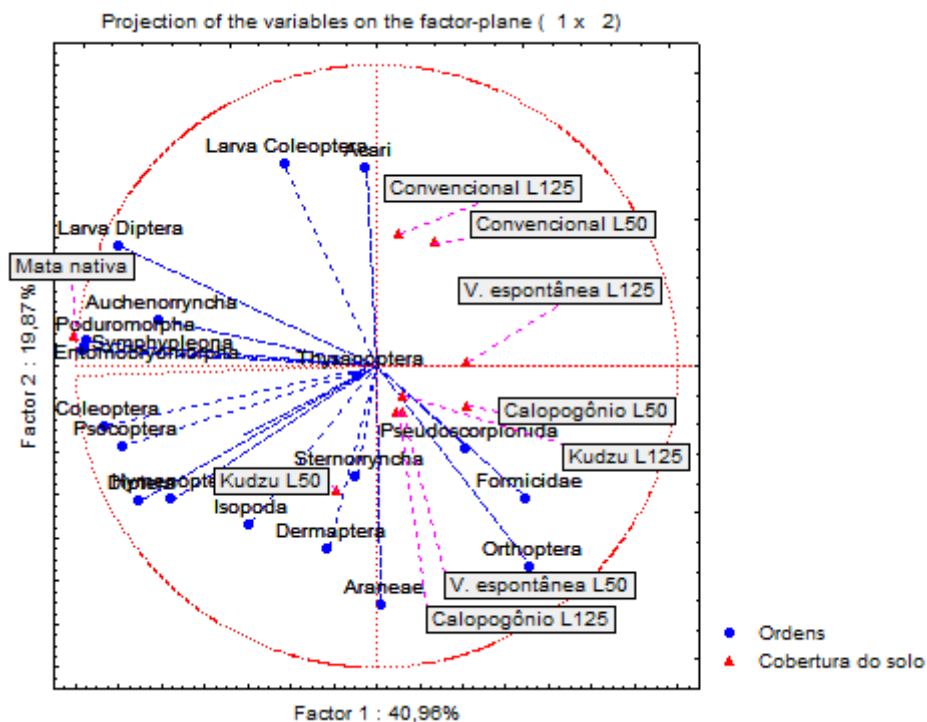
Na componente dois (CP2) observou-se a predominância da subclasse Acari e de larvas Coleóptera, sendo estas mais representativas no tratamento convencional. Observou-se ainda a correlação negativa entre as ordens citadas, e as ordens: Araneae, Dermaptera e Orthoptera, o que indica que na medida em que predominam os artrópodes Acari e Larva Coleóptera ocorre à redução nas populações de Araneae, Dermaptera e Orthoptera (Tabela 4).

Tabela 4. Correlação entre cada componente principal e as ordens de artrópodes do solo cultivado com a bananeira Prata Anã associada a diferentes plantas de cobertura

ARTRÓPODES	CP1	CP2	CP3
Acari	-0,033890	0,657397	-0,041198
Araneae	0,013723	-0,793303	0,237690
Auchenorrhyncha	-0,724113	0,151404	0,444364
Coleoptera	-0,902402	-0,201152	-0,156673
Dermaptera	-0,161704	-0,610004	-0,632344
Diptera	-0,792012	-0,451105	-0,036016
Entomobryomorpha	-0,973210	0,053225	-0,031530
Formicidae	0,497368	-0,440754	0,425687
Hymenoptera	-0,679516	-0,442813	-0,517003
Isopoda	-0,423539	-0,531557	-0,467655
Larva Coleoptera	-0,303340	0,667677	-0,189672
Larva Diptera	-0,857341	0,397067	-0,037401
Orthoptera	0,512228	-0,667978	-0,073779
Poduromorpha	-0,963064	0,080786	0,048493
Pseudoscorpionida	0,297202	-0,275100	-0,268476
Psocoptera	-0,842044	-0,268294	0,413176
Sternorrhyncha	-0,068925	-0,368953	0,862587
Symphyleona	-0,966725	0,063011	0,015805
Thysanoptera	-0,447550	-0,233684	0,557555

CP1 - primeiro componente principal, CP2 - segundo componente principal, CP3 - terceiro componente principal.

Figura 2. Análise de componente principal (ACP) das ordens de artrópodes do solo e distribuição dos tratamentos de cobertura do solo e lâminas de irrigação.



No que diz respeito aos tratamentos com plantas de cobertura, verificou-se que com exceção do kudzu tropical na lâmina de 50% da ETc, todas os outros, independentemente da lâmina, apresentarem similares correlações de ordens. Podendo-se inferir que as lâminas de irrigação não influenciam no aumento ou na extinção das ordens de artrópodes nos tratamentos com calopogônio e vegetação espontânea. Para o Kudzu L50 (Figura 3) verificou-se predomínio das ordens Isopoda e Dermaptera tornando esse tratamento diferente dos demais.

DISCUSSÃO

Diferenças significativas entre variáveis microbiológicas são difíceis de identificar, mesmo em manejos que comparam plantas de cobertura leguminosas e gramíneas, com adições de carbono contrastantes (HEDÊNEC *et al.*, 2014; CUNHA, *et al.*, 2012; NUNES *et al.*, 2011). Isso pode estar relacionado à grande dinâmica do sistema solo e da fração biológica, que reduz a sensibilidade dos métodos estatísticos de identificar tais diferenças.

No que diz respeito à evolução da respiração basal no tempo, encontramos em Fialho *et al.* (2006), que a respiração basal no solo cultivado com a bananeira Prata Anã se ajustou ao modelo linear, sendo essa tendência justificada pela utilização da porção lábil do carbono presente no solo, pelos microrganismos. Em nosso estudo, no entanto, o decréscimo na RB a partir do sexto dia (Figura 1), pode indicar que pode ter ocorrido o esgotamento das fontes de C mais prontamente mineralizáveis (C lábil). É possível que a microbiota tenha necessitado de tempo para se adaptar fisiologicamente à utilização de fontes mais complexas, mesmo que ainda de considerável disponibilidade.

Existe uma tendência linear de crescimento do carbono da biomassa microbiana em áreas com maiores teores de C orgânico e N, devido o acúmulo de material vegetal (GAMA-RODRIGUEZ, 2005), mesmo assim, nem sempre a elevação do COT é suficiente para alterar os valores de Cmic, como observado em nosso estudo e também por Nunes *et al.* (2011) e Mbuthia *et al.* (2015).

Mbuthia *et al.* (2015), quando avaliaram o Cmic do solo cultivado com diferentes plantas de cobertura encontraram outras similaridades aos nossos estudos além da ausência de significância estatística para o Cmic, são elas: valores de Cmic

entre 300 e 400 mg kg⁻¹, sendo na planta de cobertura leguminosa ervilhaca (similar ao kudzu tropical de nosso estudo) a que apresentou os maiores valores (400,79 mg kg⁻¹) em comparação ao trigo (similar ao tratamento com vegetação espontânea) e sem cobertura do solo (Cmic foi de 351,74 e 336,42 mg kg⁻¹, respectivamente).

No presente estudo, os menores valores absolutos de $q\text{CO}_2$ no tratamento com calopogônio (Figura 2B), apesar de não significativos estatisticamente, podem indicar que para sua manutenção a biomassa microbiana consumiu menos C (GAMARRODRIGUEZ, 2005) em comparação aos demais tratamentos, sendo tal fato possivelmente relacionado à maior disponibilidade do material orgânico, como sugerem os valores de COP e COM desse tratamento (Tabela 2).

Em relação aos maiores teores de COT no tratamento convencional, acredita-se que a adubação nitrogenada realizada nas parcelas desse manejo contribuiu grandemente para esse resultado, por incrementar o crescimento e o teor de N foliar da bananeira (capítulo I e II da presente tese), portanto, elevando a produção de biomassa (restos culturais) que era deixada nas entrelinhas das plantas, e afetando significativamente a matéria orgânica do solo (MO). Moreira e Faregia (2009), também afirmam que restos culturais de bananeiras representam fonte significativa de nutrientes, influenciando de forma considerável no estado nutricional do bananal, e sendo capaz de contribuir para o aporte de MO.

Assim como no presente trabalho, Nunes *et al.* (2011) encontraram maiores estoques de COT quando utilizou milheto, cuja composição se assemelha a da vegetação espontânea, em comparação a mucuna, que é leguminosa. Mbuthia *et al.* (2015) também afirmam que o C e N de solos sem plantas de cobertura e com cobertura de trigo, responderam ao aumento da taxa de aplicação de N, enquanto para a ervilhaca, que é leguminosa, aumentos na taxa de N não fizeram diferença nos níveis de solo C e N. Tal fato, reforça a importância da adubação nitrogenada para o incremento do C do solo, como ocorrido no manejo convencional, e justifica a tendência de nosso estudo de que resíduos de leguminosas contribuem menos para o aporte de C que resíduos de vegetação espontânea (principalmente composta de gramíneas).

Six *et al.* (2006) reforçam essa afirmação quando afirmam que resíduos de alta relação C:N (como o da vegetação espontânea), favorecem uma via de decomposição por fungos, que resulta em lenta ciclagem de nutrientes e melhora o sequestro de carbono no solo, enquanto as entradas de matéria orgânica com baixa relação C:N

(como no caso da adição dos resíduos das plantas de cobertura leguminosas), promove uma via de decomposição bacteriana com rápido ciclo de nutrientes e aumento da respiração, resultando em perda de carbono. Plantas de cobertura leguminosas também aportaram menor biomassa total no solo que à vegetação espontânea (dados não mostrados).

Além dos fatores supracitados, os maiores estoques de COT nos tratamentos com vegetação espontânea e no manejo convencional podem resultar do menor acesso dos microorganismos à matéria orgânica do solo. Essa dificuldade de acesso é principalmente evidenciada em condições de maior agregação do solo e vice-versa. Tendência inversa foi observada no tratamento com calopogônio que apresentou valores significativamente menores do carbono associado aos minerais e conseqüente menores valores médios do COT.

Estudando o sistema plantio direto Balota *et al.* (2014) mostraram que esse sistema proporciona maior C orgânico para apoiar a comunidade microbiana e favorece a formação e estabilização de agregados do solo que melhora e protege o habitat para a comunidade microbiana, principalmente porque esse sistema reduz a oxidação da matéria orgânica e melhora a estrutura dos agregados. Apesar de nosso estudo não ser em plantio direto, desenvolve algumas características desse sistema, pois o cultivo semiperene da bananeira impossibilita o revolvimento do solo a partir do 2º ciclo, e favorece o aporte de restos culturais, portanto influenciando positivamente na agregação do solo.

Em relação aos dados da fauna edáfica, Moço *et al.* (2005) encontraram valores superiores de densidade e riqueza da fauna nas coberturas de floresta natural, especialmente na floresta preservada, em comparação a ambientes modificados como povoamentos de eucaliptos e pastos, similarmente ao nosso estudo. Num cultivo de bananeiras consorciadas com diferentes adubos verdes perenes, Santos *et al.* (2014) também encontraram maior densidade de artrópodes na área de vegetação nativa, utilizada como referencial de condição original do solo (valor 0,66), além disso encontraram que a ordem Collembola apresentou maior frequência na mata nativa, apesar dessa tendência ter se mantido em todos os tratamentos com plantas de cobertura e inclusive no tratamento sem plantas de cobertura. Nos estudos de Brito *et al.* (2014) a ordem Collembola também foi dominante em todos os sistemas avaliados.

Segundo Singh e Pillai (1975), os Collembolas, junto com a família Oribatei, constituem de 72 à 97 % em proporção de indivíduos, da fauna total de artrópodes do solo, o que justifica a abundância desse grupo em sistemas equilibrados como o CM. Portanto, a adoção do manejo agrícola em áreas de mata parece afetar principalmente essa ordem de artrópodes. Segundo Jerez-Valle *et al.* (2014) o cultivo convencional de oliveiras ocasionou maior redução de collembolas em comparação aos sistema de produção orgânica, sendo essa redução devido ao fato destes serem fortemente afetados por alterações nas camadas superiores do solo.

Assim como em nosso estudo, Nunes, Araújo Filho e Menezes (2009) observaram que a mudança de sistemas naturais para cultivos agrícolas ocasiona a diminuição das populações de diferentes espécies e também encontrou mudanças na estrutura da comunidade de artrópodes do solo, tais como: aumento de insetos sociais, especialmente formigas (Formicidae), ausência de alguns grupos e diminuição da quantidade de formas juvenis (larvas). Brito *et al.* (2014) também encontraram que a família Formicidae apresentou maior frequência relativa em sistema modificados com a cultura do milho solteiro com adubação fosfatada. Segundo Hedênc *et al.* (2014) essas reduções no número de microartrópodes em solos agrícolas é resultado do aumento da terra nua entre as plantas, e da menor cobertura vegetal, que causa a diminuição na disponibilidade de alimentos.

Em relação aos manejos com plantas de cobertura, pode-se inferir que apesar da redução na densidade de indivíduos, esses manejos apresentam melhor distribuição de espécies em relação ao manejo convencional, sendo no manejo convencional também verificada a interação negativa da subclasse Acari e Larva Coleóptera com as ordens Araneae, Dermaptera e Orthoptera. Nesse aspecto Brito *et al.* (2014) destaca que a presença da ordem Araneae em sistemas produtivos representa um ponto positivo, pois pode favorecer o controle biológico, reduzindo a necessidade de utilização de inseticidas químicos.

Apesar da abundância de restos vegetais no manejo convencional e do maior teor de COT, esse tratamento apresentou predomínio da subclasse Acari e da Larva Coleóptera em detrimento de outros artrópodes. Nunes, Araújo Filho e Menezes (2009) afirmaram ser comum encontrar Larva Coleóptera em áreas de cultivo de milho e feijão, o que se deve segundo os autores ao ciclo deste inseto, que se encontra em fase de larva no solo no período de boa umidade. Esse fato pode em parte justificar a predominância

da ordem coleóptera nas áreas com bananeira que devido à manutenção de seus restos culturais no solo, preservam boa umidade.

Em relação ao predomínio da subclasse Acari no manejo convencional, sugere-se que esteja associado ao hábito fitopatogênico dos ácaros, inclusive em relação à bananeira. Nesse caso, a cobertura morta formada exclusivamente por restos culturais de bananeiras pode favorecer a proliferação dessas espécies. Vale destacar que na própria área de estudo, foi identificado no primeiro ciclo de cultivo uma infestação por ácaro vermelho, principalmente nos tratamentos convencionais.

Quanto ao predomínio das ordens Isopoda e Dermaptera no kudzu L50%, encontramos em Moço *et al.*, (2005) que o grupo Isoptera ocorreu nos solos de todas as coberturas por eles avaliadas, somente no verão, o que é coerente com o fato dessa ordem predominar no tratamento com kudzu tropical na menor lâmina de irrigação aplicada, justificando pelo menos em parte nossos resultados.

CONCLUSÕES

Os manejos, convencional e com vegetação espontânea são indicados para aumentar o COT do solo em comparação aos manejos com as leguminosas calopogônio e kudzu tropical. Portanto, são importantes para a manutenção das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e conseqüentemente para sua qualidade.

O fracionamento físico da matéria orgânica possibilitou identificar variações nos compartimentos da matéria orgânica do solo .

A implantação da atividade agrícola, reduziu em aproximadamente 65% a densidade de indivíduos da fauna do solo e afetou as ordens encontradas. Além disso, o manejo convencional é o que apresenta maior desequilíbrio entre as populações de artrópodes do solo, predominando neste tratamento a ordem Acare, que pode atuar como praga da bananeira.

As plantas de cobertura espontâneas, principalmente gramíneas da família *Panicum maximum* Jack, favorece o aporte de COT no solo, mantendo a atividade microbiana do solo e afetando menos a fauna edáfica em comparação aos restos culturais de bananeira.

REFERÊNCIAS

- BALOTA, E. L.; CALEGARI, A.; NAKATANI, A. S.; COYNE, M. S. Benefits of winter cover crops and no-tillage for microbial parameters in a Brazilian Oxisol: A long-term study. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 197, p. 31–40, 2014.
- BARBOSA, F. E. L.; LACERDA, C. F. de; FEITOSA, H. de O.; SOARES, I.; ANDRADE FILHO, F. L. de; AMORIM, A. V. Crescimento, nutrição e produção da bananeira associados a plantas de cobertura e lâminas de irrigação. **R. Bras Eng Agríc Ambiental**, v.17, p.1271–1277, 2013.
- BRITO, M. F.; TSUJIGUSHI, B. P.; GOMES, S. da S.; SILVA, R. F.; OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M. Atributos Microbiológicos e Fauna Invertebrada Epigeica do Solo em cultivo de Milho Consorciado com leguminosas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, 16836, 2014.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.777-783, 1992.
- COTROFO, M. F.; DEL GADO, I.; PIERMATTEO, D. 2009. Litter decomposition; concepts, methods and future perspectives. In; Soil Carbon Dynamics. An integrated methodology. Eds> Wener L. Kutsch, Michael Bahn, Andreas Heinemeyer. Cambridge University Press, New York.
- CROTTY, F.V.; FYCHAN, R.; SCULLION, J.; SANDERSON, R.; MARLEY, C.L. Assessing the impact of agricultural forage crops on soil biodiversity and abundance. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 91, p.119-126, 2015.
- CUNHA, E. de Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. de B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.16, p.56–63, 2012.
- DORAN, J. W.; ZEISS, M. L. R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v.15, p. 3–11, 2000.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3rd ed. Brasília: Embrapa; 2013.
- EVANGELISTA, C. R.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, E. P. B.; PIRES, F. R. Atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional. **Semina**, v. 34, p. 1549-1562, 2013.
- FIALHO, J. S.; GOMES, V. F. F.; OLIVEIRA, T. S. de; SILVA JÚNIOR, J. M. T. da. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.250-257, 2006.
- FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; CARNEIRO M. A. C. Labile and stable fractions of soil organic matter under management systems and native Cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 34, p. 907-916, 2010.
- GAMA-RODRIGUES, E. F. DA; BARROS, N. F.DE; GAMA-RODRIGUES, A. C. DA; SANTOS, G. DE A. Nitrogênio, carbono e atividade da biomassa microbiana do

- solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.893-901, 2005.
- GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G. Carbono, matéria orgânica leve e frações oxidáveis do carbono orgânico sob sistemas de aléias. **Pesq. for. bras.**, v. 33, p. 108-113, 2013.
- HEDĚNEC, P.; NOVOTNY', D.; USTAK, S.; CAJTHAML, T.; SLEJSKA, A.; SIMA'CKOVA', H.; HONZI'K, R.; KOVA'ROVA', M.; FROUZ, J. The effect of native and introduced biofuel crops on the composition of soil biota communities. **Biomass and bioenergy**, v. 60, p.137 e146, 2014.
- HUBBARDA, R. K.; STRICKLANDA, T. C.; PHATAK, S. Effects of cover crop systems on soil physical properties and carbon/nitrogen relationships in the coastal plain of southeastern USA. **Soil & Tillage Research**. v. 126, p. 276–283, 2013.
- JEREZ-VALLE, C.; GARCÍA, P. A.; CAMPOS, M.; PASCUAL, F. A simple bioindication method to discriminate olive orchard management types using the soil arthropod fauna. **Applied Soil Ecology**, v.76, p. 42–51, 2014.
- KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: Inferences to improve soil quality. **Plant Soil**, v. 338, p.467-481, 2011.
- LI, L. J.; LU-JUN, L.; XIAO-ZENG, H.; MENG-YANG, Y.; YA-RU, Y.; XUE-LI, D.; YUN-FA, Q. Carbon and nitrogen mineralization patterns of two contrasting crop residues in a Mollisol: Effects of residue type and placement in soils. **European Journal of Soil Biology**, v. 54, p. 1-6, 2013.
- MBUTHIA, L. W.; ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; DEBRUYN, J.; SCHAEFFER, S.; TYLER, D.; ODOI, E.; MPHESHEA M.; WALKER, F.; EASH, N. Long term tillage, cover crop, and fertilization effects on microbial community structure, activity: Implications for soil quality. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 89, p. 24-34, 2015.
- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo; métodos de análises**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 107p
- MOÇO, M. K. da S.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte Fluminense. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29, p. 555-564, 2005.
- MOREIRA, A.; FAGERIA, N. Repartição e remobilização de nutrientes na bananeira. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 31, p.574 - 581, 2009.
- NASCENTE, A. S.; LI, Y. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and no-till effects on physical fractions of soil organic matter. **Soil & Tillage Research**. v. 130, p. 52–57, 2013.
- NAIR, A.; NGOUAJIO, M. Soil microbial biomass, functional microbial diversity, and nematode community structure as affected by cover crops and compostin an organic vegetable production system. **Applied Soil Ecology**, v. 58, p. 45–55, 2012.
- NEHER, D. A.; WEICHT, T. R.; BARBERCHECK, M. E. Linking invertebrate communities to decomposition rate and nitrogen availability in pine forest soils. **Appl. Soil Ecol.**, v. 54, p. 14–23. 2012.

NOGUEIRA, R. M. **Utilização de pseudocaule de bananeira como cobertura morta de solos cultivados com laranja lima (*Citrus sinensis* Osbeck) e mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob manejo orgânico de produção, em Seropédica, RJ.** 2006. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2006.

NUNES, R. DE S.; LOPES, A. A. DE C.; SOUSA, D. M. G. DE; MENDES, I. DE C. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** v. 35, p. 1407-1419, 2011.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A. de; MENEZES, R. Í. de Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. **Scientia Agraria**, v.10, n. 1, p.043-049, 2009.

POWLSON, D. S.; BHOGAL, A.; CHAMBERS, B. J.; COLEMAN, K.; MACDONALD, A. J.; GOULDING, K. W. T.; WHITMORE, A. P. The potential to increase soil carbon stocks through reduced tillage or organic material additions in England and Wales: a case study. **Agric. Ecosyst. Environ.** v. 146, p. 23-33, 2012.

SANTOS, C. C.; MOTTA, I. de S.; SILVA, R. F.; MORINIGO, K. P. G.; PADOVAN, M. P. Fauna Invertebrada Epigeica em Área de Consórcio de Adubos Verdes Perenes com Bananeira em Sistema sob Transição Agroecológica. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, 16352, 2014.

SINGH, J.; PILLAI, K. S. A study of soil microarthropod communities in same fields. **Revue d'écologie et de biologie du sol**, v. 12, p. 579-590, 1975.

SIX, J.; FREY, S. D.; THIET, R. K.; BATTEN, K. M. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 70, p. 555-569, 2006.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.** v.19, p.1467-1476, 1988.

ZOTARELLI, L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; SIX, J. Impact of tillage and crop rotation on light fraction and intra-aggregate soil organic matter in two oxisols. **Soil and Tillage Research.**, v. 95, p. 196-206, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Gostaria de finalizar a presente Tese tecendo algumas considerações de cunho prático que observei ao longo desse trabalho e que podem ter ocasionado variações nos resultados obtidos. Portanto, serviram de alerta para outros pesquisadores que queiram reproduzir tal experiência.

A leguminosa calopogônio parece sofrer grande efeito negativo do sombreamento e/ou corte, sendo observado no primeiro ano, quando as bananeiras não proporcionavam grande sombreamento, o crescimento abundante dessa leguminosa. Com o crescimento das bananeiras ocorreu acelerada redução da biomassa do calopogônio e o aumento da competição com as ervas daninhas. Ante isso, realizou-se a aplicação do herbicida seletivo Podium, que eliminava as ervas daninhas de folha estreita mais abundantes naquele período.

O controle das ervas daninhas C4 não foi suficiente e em seguida aumentaram nesse tratamento as ervas daninhas de folhas largas, dentre as quais estavam leguminosas como a labe-labe. Portanto, as parcelas com calopogônio diferentemente dos demais tratamentos necessitavam ser constantemente capinadas.

Durante toda a condução do experimento não foi observada floração do kudzu tropical. Foram vistas apenas pontualmente algumas flores. Esse fato pode indicar a necessidade de novo semeio com o tempo. No caso do calopogônio a floração foi abundante e geralmente ocorrida antes de 90 dias, período de intervalo entre os cortes, o que fazia com que durante esse trato cultural ocorresse à sementeira natural dessa leguminosa.

A pequena variação nos resultados das trocas gasosas em relação às lâminas de irrigação pode se relacionar as irrigações ocorridas no dia anterior a essas determinações, pois, mesmo na menor lâmina aplicada o volume de água pode ter sido suficiente para não alterar ou alterar pouco, tais variáveis.

APÊNDICE

Tabela 1. Resumo dos custos e receitas da produção da Prata Anã em diferentes manejos culturais e de lâminas de irrigação

Anos					Custo do sistema	Valor por kg de banana		Nº kg ha ⁻¹
	50%	75%	100%	125%		Receita	Produtividade (Mg ha ⁻¹)	
Convencional								
1º	R\$ 22.709,27	R\$ 22.741,77	R\$ 22.773,23	R\$ 22.805,21	R\$ 8.000,00	R\$ 10.059,43	12,57	12574,29
2º	R\$ 11.706,83	R\$ 11.739,33	R\$ 11.770,79	R\$ 11.802,77		R\$ 27.726,49	37,16	34658,11
3º	R\$ 11.706,83	R\$ 11.739,33	R\$ 11.770,79	R\$ 11.802,77		R\$ 36.138,24	37,16	45172,8
4º	R\$ 11.706,83	R\$ 11.739,33	R\$ 11.770,79	R\$ 11.802,77		R\$ 31.932,37	37,16	39915,46
Calopogônio								
1º	R\$ 21.943,91	R\$ 21.976,41	R\$ 22.007,87	R\$ 22.039,85	R\$ 8.000,00	R\$ 8.228,57	24,00	10285,71
2º	R\$ 11.022,83	R\$ 11.055,33	R\$ 11.086,79	R\$ 11.118,77		R\$ 21.373,35	24,67	26716,69
3º	R\$ 11.022,83	R\$ 11.055,33	R\$ 11.086,79	R\$ 11.118,77		R\$ 22.551,17	24,67	28188,96
4º	R\$ 11.022,83	R\$ 11.055,33	R\$ 11.086,79	R\$ 11.118,77		R\$ 21.962,26	24,67	27452,82
kudzu								
1º	R\$ 22.293,91	R\$ 22.326,41	R\$ 22.357,87	R\$ 22.389,85	R\$ 8.000,00	R\$ 7.810,29	22,78	9762,86
2º	R\$ 11.022,83	R\$ 11.055,33	R\$ 11.086,79	R\$ 11.118,77		R\$ 20.913,42	25,55	26141,78
3º	R\$ 11.022,83	R\$ 11.055,33	R\$ 11.086,79	R\$ 11.118,77		R\$ 23.502,27	25,55	29377,84
4º	R\$ 11.022,83	R\$ 11.055,33	R\$ 11.086,79	R\$ 11.118,77		R\$ 22.207,85	25,55	27759,81
V. espontanea								
1º	R\$ 21.693,91	R\$ 21.726,41	R\$ 21.757,87	R\$ 21.789,85	R\$ 8.000,00	R\$ 7.145,14	20,84	8931,43
2º	R\$ 11.022,83	R\$ 11.055,33	R\$ 11.086,79	R\$ 11.118,77		R\$ 19.370,06	23,77	24212,57
3º	R\$ 11.022,83	R\$ 11.055,33	R\$ 11.086,79	R\$ 11.118,77		R\$ 21.704,44	23,77	27130,55
4º	R\$ 11.022,83	R\$ 11.055,33	R\$ 11.086,79	R\$ 11.118,77		R\$ 20.537,25	23,77	25671,56

Tabela 2. Fluxo de caixa para o tratamento Controle na lâmina de irrigação correspondente a 50% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO CONTROLE - L50%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 10.059,43	R\$ 27.726,49	R\$ 36.138,24	R\$ 31.932,37	31932,368	31932,368	31932,368	
Credito de investimento	R\$ 22.709,27							
2. Custeio	14709,270							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	14709,270	R\$ 11.706,83	R\$ 11.706,83	R\$ 11.706,83	11706,828	11706,828	11706,828	
Serviços da dívidas ³	454,185	454,185	454,185	6131,503	6017,957	5904,410	5790,864	
Total de saídas ⁴	23163,456	12161,013	12161,013	17838,331	17724,785	17611,238	17497,692	
Fluxo de caixa	-13104,024	15565,475	23977,227	14094,037	14207,583	14321,130	14434,676	
Fluxo de caixa acumulado	-13104,024	2461,451	26438,677	40532,714	54740,298	69061,427	83496,104	
Lucro líquido	-13104,024	15565,475	23977,227	14094,037	14207,583	14321,130	14434,676	

Tabela 3. Fluxo de caixa para o tratamento Controle na lâmina de irrigação correspondente a 75% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO CONTROLE - L75%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 10.059,43	R\$ 27.726,49	R\$ 36.138,24	R\$ 31.932,37	31932,368	31932,368	31932,368	
Credito de investimento	R\$ 22.741,77							
2. Custeio	14741,769							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	14741,769	R\$ 11.739,33	R\$ 11.739,33	R\$ 11.739,33	11739,327	11739,327	11739,327	
Serviços da dívidas ³	454,835	454,835	454,835	6140,278	6026,569	5912,860	5799,151	
Total de saídas ⁴	23196,604	12194,162	12194,162	17879,604	17765,895	17652,187	17538,478	
Fluxo de caixa	-13137,172	15532,326	23944,078	14052,764	14166,473	14280,181	14393,890	
Fluxo de caixa acumulado	-13137,172	2395,154	26339,232	40391,995	54558,468	68838,649	83232,540	
Lucro líquido	-13137,172	15532,326	23944,078	14052,764	14166,473	14280,181	14393,890	

Tabela 4. Fluxo de caixa para o tratamento Controle na lâmina de irrigação correspondente a 100% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO CONTROLE - L100%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 10.059,43	R\$ 27.726,49	R\$ 36.138,24	R\$ 31.932,37	31932,368	31932,368	31932,368	
Credito de investimento	R\$ 22.773,23							
2. Custeio	14773,230							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	14773,230	R\$ 11.770,79	R\$ 11.770,79	R\$ 11.770,79	11770,788	11770,788	11770,788	
Serviços da dívidas ³	455,465	455,465	455,465	6148,772	6034,906	5921,040	5807,174	
Total de saídas ⁴	23228,695	12226,252	12226,252	17919,560	17805,694	17691,827	17577,961	
Fluxo de caixa	-13169,263	15500,236	23911,988	14012,808	14126,674	14240,541	14354,407	
Fluxo de caixa acumulado	-13169,263	2330,973	26242,961	40255,769	54382,443	68622,984	82977,391	
Lucro líquido	-13169,263	15500,236	23911,988	14012,808	14126,674	14240,541	14354,407	

Tabela 5. Fluxo de caixa para o tratamento Controle na lâmina de irrigação correspondente a 125% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO CONTROLE - L125%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 10.059,43	R\$ 27.726,49	R\$ 36.138,24	R\$ 31.932,37	31932,368	31932,368	31932,368	
Credito de investimento	R\$ 22.805,21							
2. Custeio	14805,210							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	14805,210	R\$ 11.802,77	R\$ 11.802,77	R\$ 11.802,77	11802,767	11802,767	11802,767	
Serviços da dívidas ³	456,104	456,104	456,104	6157,407	6043,381	5929,355	5815,329	
Total de saídas ⁴	23261,314	12258,872	12258,872	17960,174	17846,148	17732,122	17618,096	
Fluxo de caixa	-13201,882	15467,616	23879,368	13972,194	14086,220	14200,246	14314,272	
Fluxo de caixa acumulado	-13201,882	2265,734	26145,102	40117,296	54203,516	68403,762	82718,034	
Lucro líquido	-13201,882	15467,616	23879,368	13972,194	14086,220	14200,246	14314,272	

Tabela 6. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura calopogônio na lâmina de irrigação correspondente a 50% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM CALOPOGÔNIO - L50%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 8.228,57	R\$ 21.373,35	R\$ 22.551,17	R\$ 21.962,26	21962,256	21962,256	21962,256	
Credito de investimento	R\$ 22.039,85							
2. Custeio	14039,850							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	14039,850	R\$ 11.118,77	R\$ 11.118,77	R\$ 11.118,77	11118,767	11118,767	11118,767	
Serviços da dívidas ³	440,797	440,797	440,797	5950,759	5840,560	5730,361	5620,162	
Total de saídas ⁴	22480,647	11559,564	11559,564	17069,527	16959,328	16849,128	16738,929	
Fluxo de caixa	-14252,079	9813,788	10991,604	4892,729	5002,928	5113,128	5223,327	
Fluxo de caixa acumulado	-14252,079	-4438,291	6553,312	11446,041	16448,969	21562,097	26785,424	
Lucro líquido	-14252,079	9813,788	10991,604	4892,729	5002,928	5113,128	5223,327	

Tabela 7. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura calopogônio na lâmina de irrigação correspondente a 75% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM CALOPOGÔNIO - L75%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 8.228,57	R\$ 21.373,35	R\$ 22.551,17	R\$ 21.962,26	21962,256	21962,256	21962,256	
Credito de investimento	R\$ 21.976,41							
2. Custeio	13976,409							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	13976,409	R\$ 11.055,33	R\$ 11.055,33	R\$ 11.055,33	11055,327	11055,327	11055,327	
Serviços da dívidas ³	439,528	439,528	439,528	5933,630	5823,748	5713,866	5603,984	
Total de saídas ⁴	22415,937	11494,855	11494,855	16988,957	16879,075	16769,193	16659,311	
Fluxo de caixa	-14187,369	9878,497	11056,313	4973,299	5083,181	5193,063	5302,945	
Fluxo de caixa acumulado	-14187,369	-4308,872	6747,441	11720,740	16803,921	21996,984	27299,929	
Lucro líquido	-14187,369	9878,497	11056,313	4973,299	5083,181	5193,063	5302,945	

Tabela 8. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura calopogônio na lâmina de irrigação correspondente a 100% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM CALOPOGÔNIO - L100%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 8.228,57	R\$ 21.373,35	R\$ 22.551,17	R\$ 21.962,26	21962,256	21962,256	21962,256	
Credito de investimento	R\$ 22.007,87							
2. Custeio	14007,870							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	14007,870	R\$ 11.086,79	R\$ 11.086,79	R\$ 11.086,79	11086,788	11086,788	11086,788	
Serviços da dívidas ³	440,157	440,157	440,157	5942,125	5832,086	5722,046	5612,007	
Total de saídas ⁴	22448,028	11526,945	11526,945	17028,913	16918,873	16808,834	16698,795	
Fluxo de caixa	-14219,460	9846,407	11024,223	4933,343	5043,383	5153,422	5263,461	
Fluxo de caixa acumulado	-14219,460	-4373,053	6651,170	11584,514	16627,897	21781,319	27044,780	
Lucro líquido	-14219,460	9846,407	11024,223	4933,343	5043,383	5153,422	5263,461	

Tabela 9. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura calopogônio na lâmina de irrigação correspondente a 125% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM CALOPOGÔNIO - L125%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 8.228,57	R\$ 21.373,35	R\$ 22.551,17	R\$ 21.962,26	21962,256	21962,256	21962,256	
Credito de investimento	R\$ 22.039,85							
2. Custeio	14039,850							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	14039,850	R\$ 11.118,77	R\$ 11.118,77	R\$ 11.118,77	11118,767	11118,767	11118,767	
Serviços da dívidas ³	440,797	440,797	440,797	5950,759	5840,560	5730,361	5620,162	
Total de saídas ⁴	22480,647	11559,564	11559,564	17069,527	16959,328	16849,128	16738,929	
Fluxo de caixa	-14252,079	9813,788	10991,604	4892,729	5002,928	5113,128	5223,327	
Fluxo de caixa acumulado	-14252,079	-4438,291	6553,312	11446,041	16448,969	21562,097	26785,424	
Lucro líquido	-14252,079	9813,788	10991,604	4892,729	5002,928	5113,128	5223,327	

Tabela 10. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura kudzu tropical na lâmina de irrigação correspondente a 50% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM KUDZU TROPICAL - L50%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 7.810,29	R\$ 20.913,42	R\$ 23.502,27	R\$ 22.207,85	22207,848	22207,848	22207,848	
Credito de investimento	R\$ 22.293,91							
2. Custeio	14293,910							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	14293,910	R\$ 11.022,83	R\$ 11.022,83	R\$ 11.022,83	11022,828	11022,828	11022,828	
Serviços da dívidas ³	445,878	445,878	445,878	6019,356	5907,886	5796,417	5684,947	
Total de saídas ⁴	22739,789	11468,706	11468,706	17042,184	16930,714	16819,245	16707,775	
Fluxo de caixa	-14929,501	9444,718	12033,566	5165,664	5277,134	5388,603	5500,073	
Fluxo de caixa acumulado	-14929,501	-5484,783	6548,783	11714,447	16991,581	22380,184	27880,257	
Lucro líquido	-14929,501	9444,718	12033,566	5165,664	5277,134	5388,603	5500,073	

Tabela 11. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura kudzu tropical na lâmina de irrigação correspondente a 75% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM KUDZU TROPICAL - L75%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 7.810,29	R\$ 20.913,42	R\$ 23.502,27	R\$ 22.207,85	22207,848	22207,848	22207,848	
Credito de investimento	R\$ 22.326,41							
2. Custeio	14326,409							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	14326,409	R\$ 11.055,33	R\$ 11.055,33	R\$ 11.055,33	11055,327	11055,327	11055,327	
Serviços da dívidas ³	446,528	446,528	446,528	6028,130	5916,498	5804,866	5693,234	
Total de saídas ⁴	22772,937	11501,855	11501,855	17083,457	16971,825	16860,193	16748,561	
Fluxo de caixa	-14962,649	9411,569	12000,417	5124,391	5236,023	5347,655	5459,287	
Fluxo de caixa acumulado	-14962,649	-5551,080	6449,337	11573,728	16809,751	22157,406	27616,693	
Lucro líquido	-14962,649	9411,569	12000,417	5124,391	5236,023	5347,655	5459,287	

Tabela 12. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura kudzu tropical na lâmina de irrigação correspondente a 100% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM KUDZU TROPICAL - L100%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 7.810,29	R\$ 20.913,42	R\$ 23.502,27	R\$ 22.207,85	22207,848	22207,848	22207,848	
Credito de investimento	R\$ 22.357,87							
2. Custeio	14357,870							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	14357,870	R\$ 11.086,79	R\$ 11.086,79	R\$ 11.086,79	11086,788	11086,788	11086,788	
Serviços da dívidas ³	447,157	447,157	447,157	6036,625	5924,836	5813,046	5701,257	
Total de saídas ⁴	22805,028	11533,945	11533,945	17123,413	17011,623	16899,834	16788,045	
Fluxo de caixa	-14994,740	9379,479	11968,327	5084,435	5196,225	5308,014	5419,803	
Fluxo de caixa acumulado	-14994,740	-5615,261	6353,066	11437,502	16633,727	21941,741	27361,544	
Lucro líquido	-14994,740	9379,479	11968,327	5084,435	5196,225	5308,014	5419,803	

Tabela 13. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura kudzu tropical na lâmina de irrigação correspondente a 125% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM KUDZU TROPICAL - L125%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 7.810,29	R\$ 20.913,42	R\$ 23.502,27	R\$ 22.207,85	22207,848	22207,848	22207,848	
Credito de investimento	R\$ 22.389,85							
2. Custeio	14389,850							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	14389,850	R\$ 11.118,77	R\$ 11.118,77	R\$ 11.118,77	11118,767	11118,767	11118,767	
Serviços da dívidas ³	447,797	447,797	447,797	6045,259	5933,310	5821,361	5709,412	
Total de saídas ⁴	22837,647	11566,564	11566,564	17164,027	17052,078	16940,128	16828,179	
Fluxo de caixa	-15027,359	9346,860	11935,708	5043,821	5155,770	5267,720	5379,669	
Fluxo de caixa acumulado	-15027,359	-5680,499	6255,208	11299,029	16454,799	21722,519	27102,188	
Lucro líquido	-15027,359	9346,860	11935,708	5043,821	5155,770	5267,720	5379,669	

Tabela 14. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura vegetação espontânea na lâmina de irrigação correspondente a 50% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM V. ESPONTÂNEA - L50%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 7.145,14	R\$ 19.370,06	R\$ 21.704,44	R\$ 20.537,25	20537,248	20537,248	20537,248	
Credito de investimento	R\$ 21.693,91							
2. Custeio	13693,910							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	13693,910	R\$ 11.022,83	R\$ 11.022,83	R\$ 11.022,83	11022,828	11022,828	11022,828	
Serviços da dívidas ³	433,878	433,878	433,878	5857,356	5748,886	5640,417	5531,947	
Total de saídas ⁴	22127,789	11456,706	11456,706	16880,184	16771,714	16663,245	16554,775	
Fluxo de caixa	-14982,645	7913,350	10247,734	3657,064	3765,534	3874,003	3982,473	
Fluxo de caixa acumulado	-14982,645	-7069,295	3178,439	6835,503	10601,037	14475,040	18457,513	
Lucro líquido	-14982,645	7913,350	10247,734	3657,064	3765,534	3874,003	3982,473	

Tabela 15. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura vegetação espontânea na lâmina de irrigação correspondente a 75% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM V. ESPONTÂNEA - L75%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 7.145,14	R\$ 19.370,06	R\$ 21.704,44	R\$ 20.537,25	20537,248	20537,248	20537,248	
Credito de investimento	R\$ 21.726,41							
2. Custeio	13726,409							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	13726,409	R\$ 11.055,33	R\$ 11.055,33	R\$ 11.055,33	11055,327	11055,327	11055,327	
Serviços da dívidas ³	434,528	434,528	434,528	5866,130	5757,498	5648,866	5540,234	
Total de saídas ⁴	22160,937	11489,855	11489,855	16921,457	16812,825	16704,193	16595,561	
Fluxo de caixa	-15015,793	7880,201	10214,585	3615,791	3724,423	3833,055	3941,687	
Fluxo de caixa acumulado	-15015,793	-7135,592	3078,993	6694,784	10419,207	14252,262	18193,949	
Lucro líquido	-15015,793	7880,201	10214,585	3615,791	3724,423	3833,055	3941,687	

Tabela 16. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura vegetação espontânea na lâmina de irrigação correspondente a 100% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM V. ESPONTÂNEA - L100%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 7.145,14	R\$ 19.370,06	R\$ 21.704,44	R\$ 20.537,25	20537,248	20537,248	20537,248	
Credito de investimento	R\$ 21.757,87							
2. Custeio	13757,870							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	13757,870	R\$ 11.086,79	R\$ 11.086,79	R\$ 11.086,79	11086,788	11086,788	11086,788	
Serviços da dívidas ³	435,157	435,157	435,157	5874,625	5765,836	5657,046	5548,257	
Total de saídas ⁴	22193,028	11521,945	11521,945	16961,413	16852,623	16743,834	16635,045	
Fluxo de caixa	-15047,884	7848,111	10182,495	3575,835	3684,625	3793,414	3902,203	
Fluxo de caixa acumulado	-15047,884	-7199,773	2982,722	6558,558	10243,183	14036,597	17938,800	
Lucro líquido	-15047,884	7848,111	10182,495	3575,835	3684,625	3793,414	3902,203	

Tabela 17. Fluxo de caixa para o tratamento com a planta de cobertura vegetação espontânea na lâmina de irrigação correspondente a 125% da necessidade da cultura

JUROS		2%						
FLUXO DE CAIXA PARA O TRATAMENTO COM V. ESPONTÂNEA - L125%								
Entradas	Ano 1	Ano2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	
Receitas	R\$ 7.145,14	R\$ 19.370,06	R\$ 21.704,44	R\$ 20.537,25	20537,248	20537,248	20537,248	
Credito de investimento	R\$ 21.789,85							
2. Custeio	13789,850							
Inversões	8000,000							
C. operacionais	13789,850	R\$ 11.118,77	R\$ 11.118,77	R\$ 11.118,77	11118,767	11118,767	11118,767	
Serviços da dívidas ³	435,797	435,797	435,797	5883,259	5774,310	5665,361	5556,412	
Total de saídas ⁴	22225,647	11554,564	11554,564	17002,027	16893,078	16784,128	16675,179	
Fluxo de caixa	-15080,503	7815,492	10149,876	3535,221	3644,170	3753,120	3862,069	
Fluxo de caixa acumulado	-15080,503	-7265,011	2884,864	6420,085	10064,255	13817,375	17679,444	
Lucro líquido	-15080,503	7815,492	10149,876	3535,221	3644,170	3753,120	3862,069	