

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

TESE

**Comportamento produtivo e morfofisiológico do consórcio
de milho e *Crotalaria juncea* em função de intervalos entre
semeaduras e sazonalidade de plantio**

Emerson Dalla Chieza

2013



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

**COMPORTAMENTO PRODUTIVO E MORFOFISIOLÓGICO DO
CONSÓRCIO DE MILHO E *Crotalaria juncea* EM FUNÇÃO DE
INTERVALOS ENTRE SEMEADURAS E SAZONALIDADE DE
PLANTIO**

EMERSON DALLA CHIEZA

Sob a Orientação do Pesquisador
José Guilherme Marinho Guerra

e Co-orientação do Pesquisador
Ednaldo da Silva Araújo

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor em
Ciências**, no Curso de Pós-Graduação
em Fitotecnia

**Seropédica, RJ
Outubro de 2013**

6631.584

D144c Dalla Chieza, Emerson, 1982-

T Comportamento produtivo e morfofisiológico do consórcio de milho e Crotalaria juncea em função de intervalos entre semeaduras e sazonalidade de plantio / Emerson Dalla Chieza. – 2013.
88 f.: il.

Orientador: José Guilherme Marinho guerra.

Tese (doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,
Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Bibliografia: f.74-84.

1. Agricultura orgânica – Teses. 2. Cultivo consorciado - Teses. 3. Milho - Cultivo – Teses. 4. Crotalaria - Teses. 5. Nitrogênio – Fixação – Teses. I. Guerra, José Guilherme Marinho, 1958- II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia. III. Título.

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

EMERSON DALLA CHIEZA

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de Concentração em Agroecologia.

TESE APROVADA EM 25/10/2013

José Guilherme Marinho Guerra. Dr. em Ciência do Solo. EMBRAPA Agrobiologia
(Orientador)

Adelson Paulo de Araújo. Ph.D. em Ciência do Solo. UFRRJ

Leonardo Oliveira Médici. Ph.D. em Agronomia. UFRRJ

Fabiane Machado Vezzani. Dr. em Ciência do Solo. UFPR

José Antônio Azevedo Espíndola. Dr. em Ciência do Solo. EMBRAPA Agrobiologia

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho principalmente a minha mãe, Narely. Uma amiga que sempre esteve do meu lado me dando apoio, carinho, conselhos, puxões de orelha. Exemplo de vida, que através de seu estilo de vida, ensinou-me valores humanos como honestidade, humildade, fraternidade, perseverança e superação. Que mais do que me dizer o que era certo ou errado, me deu subsídios para que eu pudesse fazer minhas próprias escolhas e assim trilhar meu caminho.

Ao meu irmão Everson, pelo carinho que emana de seu nobre coração.

Ao restante dos meus familiares, entre eles, minhas avós Cecília e Geni (*In memoriam*), meus tios (as) Janete, Neri, Paulo, Pedro, Rosa. Por estarem presentes de forma efetiva na minha vida e, junto com minha mãe, terem contribuído para minha formação humana, e para que eu chegasse até aqui.

Ao todos os meus amigos, pelo apoio e parceria, em todos os momentos.

Enfim, a todos aqueles que verdadeiramente acreditaram em mim, que me incentivaram, que choraram junto comigo em meus tropeços, me deram forças para levantar e comemoraram minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, força e conforto espiritual, fatores importante para transpor os momentos mais difíceis, e assim chegar até esta conquista.

A minha mãe, meu irmão e as pessoas mais próximas pela compreensão sobre minha ausência, ajuda na execução dos trabalhos e pela paciência nos momentos de estresse.

A Universidade Federal de Santa Maria por me conceder o tempo necessário para poder cursar o doutorado. Ao professor, chefe e amigo Ivan Luiz Brondani, pelo apoio e compreensão, durante este tempo que estive ausente de minhas atividades.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e a Embrapa Agrobiologia, por terem me acolhido e me deram a oportunidade de ter uma educação formal de qualidade.

Ao pesquisador e amigo José Guilherme Marinho Guerra, que aceitou o desafio de me orientar, e sempre estar disposto a dedicar parte de seu escasso e precioso tempo para comigo, independente de ser assunto acadêmico ou pessoal. Também ao meu co-orientador e amigo Ednaldo Araújo, pelo companheirismo, ensinamentos e toda ajuda em momentos derradeiros.

Ao professor Raul de Lucena, por todo carinho e ensinamentos.

Aos demais professores do CPGF, e aos pesquisadores e funcionários que integram o laboratório de Agricultura orgânica da Embrapa Agrobiologia, pelos saberes que aqui adquiri durante nossa convivência.

Aos amigos do Alojamento da Embrapa, Rafael Scoriza, Abmael Cardoso, Daiana Correa, Péricles Galisa (*in memoriam*), Jerusa Sá, Divino Miguel, Michele Silva, Jakson Leite, Dione Silva, Flávia Barbosa, Rodolfo Condé, Renato Valadares, Hugo Maia, Murilo Gonçalves, Régis Pinheiro, Dave Monje, Luciano, Alderi, Renata Teixeira, Raimunda Marques, Cândido Novais, Maria Gabriela da Mata, Laíze Vilela, Elissandra Chalub, Vilene Vasconcelos, Renan Pedulla, Éder Coutinho, Marcos Garcia, Kandice Andrade, Janaina Birimba, Lívia Bischof, entre tantos outros.

Aos Amigos que não conviveram comigo no alojamento, mas também foram importantes nesta trajetória, Eva Gonçalves, Osmir Saiter, Yolanda Nascimento, Thadeu Martins, Hugo da Mata, Naldo, Lucia Helena, Ernani e a equipe do Terraço, Ildo Risso, Gabriela Ribeiro, Johnathan Rodrigues, Angela Brancher, entre outros que não couberam na lista. Também aos colegas da área nova, pelo companheirismo, pelos bons e “maus” momentos que passamos juntos.

A todos o meu muito obrigado! Sem a colaboração de vocês este momento não seria possível!

RESUMO GERAL

DALLA CHIEZA, Emerson. **Comportamento produtivo e morfofisiológico do consórcio de milho e *Crotalaria juncea* em função de intervalos entre semeaduras e sazonalidade de plantio**. Seropédica: UFRJ, 2013, 108p. (Tese, Doutorado em Fitotecnia)

O objetivo geral deste trabalho foi estabelecer uma forma de manejo orgânico do consórcio entre as culturas de milho e *Crotalaria juncea*, que possibilite otimizar a produção “*In situ*” de biomassa vegetal pela fabaceae, com aporte de nitrogênio ao sistema, sem que a presença do adubo verde exerça competição capaz de comprometer o rendimento do cereal. Foram conduzidos três experimentos no campo experimental da Embrapa Agrobiologia em Seropédica – RJ, entre os meses de novembro de 2010 e março de 2012. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições (experimentos 1 e 3) ou três repetições (experimento 2). O primeiro experimento ocorreu entre novembro de 2010 e março de 2011 e teve os seguintes tratamentos: T1–*C. juncea* semeada sete dias antes da cultura do milho e manejada aos 33 dias após emergência (33 DAE); T2–*C. juncea* semeada simultânea ao milho (manejo aos 29 DAE); T3–*C. juncea* semeada 14 dias após o milho (manejo aos 102 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T4–*C. juncea* semeada 28 dias após o milho (manejo aos 88 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T5–milho em monocultivo e T6–milho em monocultivo + 70 kg N ha⁻¹. Experimento 2 (abril a setembro de 2011): T1–*C. juncea* semeada sete dias antes da cultura do milho (manejo aos 43 DAE); T2–*C. juncea* semeada simultânea ao milho (manejo aos 37 DAE); T3–*C. juncea* semeada sete dias após o milho (manejo aos 74 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T4–*C. juncea* semeada 14 dias após o milho (manejo aos 67 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T5– milho em monocultivo e T6–milho em monocultivo + 70 kg N ha⁻¹. Os tratamentos do 3º Experimento (novembro de 2011 a março de 2012) consistiram em: T1–*C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila simples com manejo aos 30 DAE e a biomassa da *C. juncea* mantida na área; T2–*C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila simples com manejo aos 30 DAE com remoção da parte aérea de *C. juncea* e aplicação de 70 kg N ha⁻¹ via torta de mamona; T3– milho monocultivo em fila simples; T4 – milho monocultivo em fila simples + 70 kg N ha⁻¹; T5– *C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila dupla com manejo aos 30 DAE e a biomassa da *C. juncea* mantida na área; T6 – *C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila dupla com remoção da parte aérea de *C. juncea* e aplicação de 70 kg N ha⁻¹. Para todos os experimentos, o nitrogênio aplicado em cobertura teve como fonte a torta de mamona. Nos dois primeiros ensaios foram realizados estudos morfofisiológicos dos cultivos a partir da análise funcional do crescimento de plantas, além do balanço monetário e balanço aparente de nitrogênio. Também no experimento I, para T1 e T2, procederam-se estudos de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos de *C. juncea* via sacolas de decomposição, com 8 intervalos de coletas. Para o terceiro ensaio procederam-se estudos de desempenho agrônomo do milho, análise econômica e balanço de nitrogênio. Também foram feitos estudos das perdas de nitrogênio via volatilização de amônia para resíduos de *C. juncea*, torta de mamona e esterco bovino, através de câmeras estáticas semi abertas em oito intervalos de coleta. Quando semeada simultaneamente ao milho, independente da época de semeadura, a *C. juncea* não comprometeu o rendimento do cereal, promoveu a adição de nitrogênio ao sistema capaz de promover balanços positivos para este nutriente. Quando o adubo verde foi semeado 7 dias antes ou 14 dias após a semeadura do milho, no período de verão, esse exerceu influência negativa no crescimento e na produção de grãos do milho. Os resíduos de *C. juncea* apresentaram elevadas taxas de decomposição e liberação de nutrientes, com tempo de meia vida para N de menos de 14 dias. Foram encontradas discrepantes taxas de emissão de amônia para torta de mamona e resíduos de *C. juncea*, com perdas acumuladas de cerca de 46 e 14%, respectivamente. O arranjo em fileiras

duplas de plantio de milho não influenciou no rendimento do cereal. Os resultados encontrados postam o consórcio em milho e *C. juncea* semeados simultaneamente como um promissor sistema de cultivo, capaz de proporcionar produção de grãos de milho acima da média produtiva do estado do Rio de Janeiro.

Palavras chave: Agricultura orgânica, agricultura familiar, análise funcional do crescimento vegetal, cinética de decomposição vegetal, fontes de nitrogênio, volatilização de amônia.

GENERAL ABSTRACT

DALLA CHIEZA, Emerson. Productive and morphophysiological behavior of corn and *Crotalaria juncea* intercropping depending on intervals between sowing and planting seasonality. Seropédica: UFRJ, 2013, 122p. (Thesis, Doctorate in Plant Science).

The objective of this study was to establish an organic management form of corn and *Crotalaria juncea* intercropping, which allows to optimize production "in situ" by fabaceae plant biomass with nitrogen input to the system, without the competition that presence of green manure can to exercise, follow to compromise the performance of cereal. Three experiments were conducted in the experimental field of Embrapa Agrobiology in Seropédica - RJ, between of November 2010 to March 2012. The experimental design was randomized blocks with six treatments and four replications (Experiments 1 and 3) or three replicates (experiment 2). The first experiment took place between November 2010 and March 2011 and had the following treatments: T1 - *C. juncea* seeded seven days before corn crop and managed at 33 days after emergence (33 DAE), T2 - *C. juncea* seeded at the same date of corn sowing (29 DAE), T3 - *C. juncea* seeded 14 days after corn sown (102 DAE), T4 - *C. juncea* seeded 28 days after corn sown (88 DAE), T5 and T6 - corn cropping alone. Experiment 2: T1 - *C. juncea* seeds seven days before the corn (43 DAE), T2 - *C. juncea* seeded at the same date of corn sowing (37 DAE), T3 - *C. juncea* seeded seven days after corn sown (74 DAE), T4 - *C. juncea* seeded 14 days after corn sown (67 DAE), T5 and T6 - corn cropping alone. To first and second experiments, T3, T4 and T6 had been received 70 kg ha⁻¹ of nitrogen by castor bean pie. Treatments of the third experiment consisted: T1 and T2 - *C. juncea* seeded at the same date of corn sowing (30 DAE) at the single row, T3 and T4 - corn cropping alone at the single row, T5 and T6 - *C. juncea* seeded at the same date of corn sowing (30 DAE) at the double rows. For T2 and T6 treatments the green manure was managed and removed from the area, and had been added castor bean pie (70 kg of N ha⁻¹). Also T4 received castor bean pie as a N source for corn. Also in the first experiment, for T1 and T2 trataments proceeded up studies of decomposition and release of nutrients from waste *C. juncea* by litter bags with 8 intervals collections. For the third test is conducted studies agronomic performance of corn and nitrogen losses through ammonia volatilization to waste *C. juncea*, castor bean pie and cattle manure through static cameras semi open. When corn sown simultaneously, regardless of the time of sowing, *C. juncea* did not affect the yield of cereal, promoted the addition of nitrogen to the system able of promoting positive balances for this nutrient. When the green manure was sown 7 days before or 14 days after sowing corn in the summer period, exerted a negative influence on growth and yield of maize. The waste *C. juncea* showed high rates of decomposition and nutrient release, with half-life for N less than 14 days. Were found discrepant emission rates for ammonia and castor bean pie residue *C. juncea*, with accumulated losses of about 46 and 14 %, respectively. The arrangement in double rows corn planting did not influence the yield of cereal. The results post the consortium in corn and *C. juncea* sown simultaneously as a promising culture system, capable of producing corn grain above the average yield of Rio of Janeiro state.

Key words: Organic farming, small farming, functional analysis of plant growth, vegetal decomposition kinetics, nitrogen supplies, ammonia volatilization.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1** - Observações semanais da precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no período de novembro de 2010 a setembro de 2011..... 13
- Figura 3.2** - Representação esquemática dos locais de amostragem de plantas de milho e *C. juncea*. 16
- Figura 3.3** - Variação da altura das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11..... 19
- Figura 3.4** - Variação da altura das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011..... 20
- Figura 3.5** - Variação da biomassa da parte aérea das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11..... 20
- Figura 3.6** - Variação da biomassa das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011..... 21
- Figura 3.7** - Variação Taxa de crescimento das culturas (TCC) no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11..... 22
- Figura 3.8** - Variação da Taxa de crescimento da cultura (TCC) das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011..... 23
- Figura 3.9** - Variação do índice de área foliar (IAF) das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11..... 24
- Figura 3.10** - Variação da Índice de área foliar (IAF) das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011..... 24

- Figura 3.11** - Variação da taxa de assimilação líquida (TAL) das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11.....25
- Figura 3.12** - Variação da Taxa de assimilação líquida (TAL) das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011.....26
- Figura 3.13** – Variação da área foliar específica (AFE) das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11.....27
- Figura 3.14** – Variação da Área foliar específica (AFE) das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011.....27
- Figura 3.15** - Variação razão de área foliar (RAF) das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11.....28
- Figura 3.16** – Variação da Razão de área foliar (RAF) das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011.....29
- Figura 4.1** – Observações semanais para precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no período de dezembro de 2010 e abril de 2011 (A) e no período de dezembro de 2012 e janeiro de 2013 (B). Na região da Baixada Fluminense.36
- Figura 4.2** – Preparo da área (A), semeadura das culturas de milho e *Crotalaria juncea* (B), visão do consórcio em pleno crescimento das plantas (C), manejo (roçada e deposição) da *Crotalaria juncea* (D), confecção das sacolas de decomposição (litters bags) em laboratório (E) e, visão das sacolas de decomposição acomodadas no campo (F).38
- Figura 4.3** – Câmeras para coleta de nitrogênio amoniacal volatilizado em quatro tratamentos: T1 – *Crotalaria juncea*; T2 – Torta de mamona; T3 – Esterco curtido de bovinos e, T4 – Controle, representada pelo solo desnudo e sem aplicação de qualquer fonte de nitrogênio... 39
- Figura 4.4** – Determinação de nitrogênio amoniacal volatilizado. Câmera modelo semiaberta estática no campo (A); colocação/retirada da espuma embebida em solução ácida (B); pesagem do Erlenmeyer vazio (C); transferência da espuma para o Erlenmeyer (D); adição de água destilada (E); agitação das amostras (F); pesagem da solução (G) e transferência da solução para recipiente de armazenagem (H).40
- Figura 4.5** – Matéria seca remanescente dos resíduos da parte aérea de *Crotalaria juncea* cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.... 43

Figura 4.6 - Nitrogênio remanescente da parte aérea de <i>Crotalaria juncea</i> cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.	44
Figura 4.7 - Fósforo remanescente da parte aérea de <i>Crotalaria juncea</i> cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.	45
Figura 4.8 - Potássio remanescente da parte aérea de <i>Crotalaria juncea</i> cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.	45
Figura 4.9 - Cálcio remanescente da parte aérea de <i>Crotalaria juncea</i> cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.	46
Figura 4.10 - Magnésio remanescente da parte aérea de <i>Crotalaria juncea</i> cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.	47
Figura 4.11 - Nitrogênio volatilizado (como N-NH ₃) da parte aérea de <i>Crotalaria juncea</i> cultivada durante o período de verão e manejada aos 33 dias após sua emergência; torta de mamona (70 kg de N ha ⁻¹) aplicada em linha de semeadura do milho, esterco bovino curtido (3 litros por metro linear) e solo desnudo (controle).	48
Figura 5.1 – Observações semanais para precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no período de novembro de 2010 a setembro de 2011.	56
Figura 5.2 – Observações semanais para precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no período de abril a setembro de 2011.	58
Figura 5.3 – Observações semanais para precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no período de novembro de 2011 a março de 2012.	59

LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1**– Intervalo de coletas de plantas de milho (M) e *Crotalaria juncea* (CJ), a partir de dias após a emergência das culturas (DAE), em dois experimentos realizados nos períodos de novembro de 2010 a março de 2011 e de abril a setembro de 2011, nas condições climáticas da Baixada Fluminense..... 16
- Tabela 3.2**- Análise de variância resumida com graus de liberdade (GL) e quadrado médio (QM) para as fontes de variação: blocos, tratamentos, dias após a emergência, erros e coeficientes de variação (CV), de dados transformados em logaritmo neperiano, para as variáveis: Altura, matéria seca total da parte aérea e índice de área foliar de milho, de 2 experimentos relativos ao cultivo de milho consorciado ou não com *C. juncea* sob diferentes intervalos de semeadura, nas condições climáticas da Baixada Fluminense entre novembro de 2010 e setembro de 2011..... 18
- Tabela 4.1**– Valor inicial (Co), coeficiente de decomposição ou liberação (K), tempo de meia vida $t_{1/2}$, erro padrão, coeficiente de variação (CV), coeficiente de determinação (R^2) e probabilidade estatística (P) para nutrientes remanescente na biomassa seca de *Crotalaria juncea* (CJ) cultivada no período de verão (ano agrícola 2010/11), nas condições ambientais da Baixada Fluminense, semeada em diferentes intervalos em relação à semeadura (DAS) do milho (M) e roçada com diferentes ontogênias (dias após a emergência – DAE). 42
- Tabela 5.2** - Produção de grãos (kg ha^{-1}) e de matéria seca da parte aérea (MS) de milho (M), *Crotalaria juncea* (CJ) e total (M + CJ) expressos em kg ha^{-1} , para milho em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ sob diferentes intervalos de semeadura e manejadas com diferentes períodos de crescimento de CJ, expressos em dias após a emergência (DAE). Com tratamentos recebendo adubação nitrogenada ($70 \text{ kg de N ha}^{-1}$) via torta de mamona (TM), nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2010/11..... 62
- Tabela 5.3**– Produção de grãos (kg ha^{-1}) e de matéria seca da parte aérea (MS) de milho (M), *Crotalaria juncea* (CJ) e total (M + CJ) expressos em kg ha^{-1} , para milho em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ sob diferentes intervalos de semeadura e manejadas com diferentes períodos de crescimento de CJ, expressos em dias após a emergência (DAE), com tratamentos recebendo adubação nitrogenada ($70 \text{ kg de N ha}^{-1}$) via torta de mamona (TM), nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2011..... 63
- Tabela 5.4** – Produção de grãos (kg ha^{-1}) e de matéria seca da parte aérea (MS) de milho (M), *Crotalaria juncea* (CJ) e total (M + CJ) expressos em kg ha^{-1} , para milho em sistema de fileiras simples ou duplas, cultivado em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ manejada 30 dias após a emergência. Com tratamentos recebendo adubação nitrogenada ($70 \text{ kg de N ha}^{-1}$) via torta de mamona (TM). Nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2011/12. 64
- Tabela 5.5** – Balanço de nitrogênio para milho em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ sob diferentes intervalos de semeadura e manejadas com diferentes períodos de crescimento de CJ, expressos em dias após a emergência (DAE), com tratamentos recebendo $70 \text{ kg de N ha}^{-1}$ de adubação nitrogenada de cobertura via torta de mamona (TM). Nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2010/11..... 67
- Tabela 5.6** – Balanço de nitrogênio para milho em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ sob diferentes intervalos de semeadura e manejadas com diferentes períodos de

crescimento de CJ, expressos em dias após a emergência (DAE). Com tratamentos recebendo 70 kg de N ha⁻¹ de adubação nitrogenada de cobertura via torta de mamona (TM). Nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2011..... 68

Tabela 5.7 – Balanço de nitrogênio para milho em sistema de fileiras simples ou duplas, cultivado em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ manejada 30 dias após a emergência. Com tratamentos recebendo 70 kg de N ha⁻¹ de adubação nitrogenada de cobertura via torta de mamona (TM). Nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2011/12. 69

Tabela 5.8 – Análise econômica de 3 experimentos relativos ao cultivo de milho (M), em sistema orgânico de produção, consorciado ou não com *C. juncea* (CJ) sob diferentes intervalos de semeadura, manejadas com diferentes períodos de crescimento, expressos em dias após a emergência (DAE). Com tratamentos recebendo 70 kg de N ha⁻¹ de adubação nitrogenada de cobertura via torta de mamona (TM), nas condições climáticas da Baixada Fluminense entre novembro de 2010 e março de 2012. (valores expressos em R\$ ha⁻¹)..... 70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1	Objetivos.....	3
1.1.1	Objetivo geral.....	3
1.1.2	Objetivos específicos.....	3
1.2	Hipóteses.....	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1	Desenvolvimento sustentável e agricultura.....	4
2.2	Pesquisa e agricultura familiar.....	5
2.3	Adubação verde.....	6
2.4	Análise do crescimento vegetal.....	7
2.5	Custos monetários em cultivos consorciados.....	8
3	CAPÍTULO I.....	9
	RESUMO.....	10
	ABSTRACT.....	11
3.1	INTRODUÇÃO.....	12
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.2.1	Caracterização da área experimental.....	13
3.2.2	Delineamentos experimentais.....	14
3.2.3	Implantação e condução dos experimentos.....	14
3.2.4	Coletas de plantas.....	15
3.2.5	Cálculos das taxas de crescimento.....	16
3.2.6	Análises estatísticas.....	17
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
3.4	CONCLUSÕES.....	30
4	CAPÍTULO II.....	31
	RESUMO.....	32
	ABSTRACT.....	33
4.1	INTRODUÇÃO.....	34
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	36
4.2.1	Caracterização da área experimental.....	36
4.2.2	Delineamento experimental.....	37

4.2.3	Implantação e condução dos experimentos.....	37
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.4	CONCLUSÕES	50
5	CAPÍTULO III.....	51
	RESUMO.....	52
	ABSTRACT	53
5.1	INTRODUÇÃO	54
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	56
5.2.1	Caracterização da área experimental.....	56
5.2.2	Experimento I.....	56
5.2.3	Experimento II	58
5.2.4	Experimento III	59
5.2.5	Análises monetárias e balanço aparente de nitrogênio	60
5.2.6	Análises estatísticas.....	60
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
5.4	CONCLUSÕES.....	72
6	CONCLUSÕES GERAIS	73
7	BILIOGRAFIA CONSULTADA.....	74
8	ANEXOS	85

1 INTRODUÇÃO GERAL

Com a expansão demográfica mundial, a partir da metade do último século, e adoção de uma matriz tecnológica balizada por preceitos tecnocratas e estritamente produtivistas, regidos pelas racionalidades econômicas, as atividades agro-silvi-pastoris tornaram-se predadoras dos recursos naturais. Este modelo provocou impactos no que concerne a sustentabilidade socioeconômica e ambiental, além de provocar exclusão de um expressivo contingente de agricultores, principalmente o segmento de base familiar¹.

Nesta perspectiva, é inadiável repensar os processos e modelos produtivos vigentes. Nas últimas décadas, vem aumentando o contingente de pesquisadores que enfatizam a necessidade imediata de avançar na geração de conhecimentos e de bases tecnológicas compatíveis com o imperativo ambiental e com as expectativas socioeconômicas e culturais dos segmentos da população campestre que permanecem à margem das políticas públicas. Estes pesquisadores também assinalam a importância de se repensar a concepção sobre desenvolvimento rural numa perspectiva sustentável.

Neste contexto, a cultura do milho assume destaque, por sua reconhecida importância para agricultura familiar, dada sua ampla utilização, que vai desde a venda do produto, consumo *in natura* pelas próprias famílias até a utilização dos grãos em rações animais. Por isso, representa tanto um fator direto na economia das unidades de produção agropecuária, quanto um componente essencial à subsistência e segurança alimentar. Observa-se, no entanto, que o esforço maior se concentra nos estudos e na geração de resultados de pesquisa, talvez pelo fato do milho se enquadrar como uma *commodity*, que priorizam testes de eficácia de formulações industriais de fertilizantes, produtos fitossanitários, ou ainda, de novas cultivares híbridas, gerando informações particularizadas com limitada contribuição para diminuir ou reverter o processo de exclusão social aqui referido.

De acordo com o último levantamento do IBGE (2006), o estado do Rio de Janeiro (RJ) possui cerca de 33 mil unidades de produção agropecuária de até 20 ha, e que utilizam, em média, 20% dessa área com lavouras anuais para fins econômicos², condição esta que possibilita a expansão da cultura do milho, principalmente no que concerne o manejo orgânico para atender tanto a demanda de grãos utilizados na alimentação animal, quanto para outras finalidades. Ademais, o estado do Rio de Janeiro, dentre outros motivos, mas principalmente por possuir muitas cidades praianas, dispõe de um mercado diferenciado e potencializado para, por exemplo, o “milho verde” (espigas imaturas), que é um produto com maior retorno financeiro e que gera mais postos de trabalho, quando comparado ao cultivo de milho para grão.

As pequenas unidades agrícolas enfrentam dificuldades, que, muitas vezes inibem a implementação de níveis tecnológicos capazes de elevar o nível produtivo. Dentre essas, se pode citar uma adequada fertilização das lavouras, considerando que o nitrogênio é o elemento requerido, via de regras, em maior quantidade pelas culturas e, portanto, considerado um dos nutrientes cuja deficiência no solo mais limita a produção vegetal.

Especialmente em sistemas orgânicos, os quais não admitem o uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados de alta solubilidade torna-se necessário buscar alternativas que reduzam a dependência externa das unidades no que concerne as fontes de nutrientes. Neste

¹ Neste trabalho, entenda-se por Agricultura Familiar aquela em que a família, ao mesmo tempo em que é dona dos meios de produção, assume o trabalho no estabelecimento produtivo, admitindo-se contratação de mão de obra temporária, desde que essa não supere 25% da força de trabalho do estabelecimento. Adaptado de Blum (2001).

²IBGE – Censo agropecuário 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/Tabela/listabl.asp?c=837&z=p&o=2&i=P>>. Acesso em: 30 jan. 2013.

viés, o interesse pelo uso da adubação verde, principalmente, de fabáceas, como fontes de nitrogênio para as culturas, tem aumentado nos últimos anos, tanto por razões econômicas como ambientais. Dentre as fabáceas tropicais usadas para adubação verde, a espécie *Crotalaria juncea* tem sido destacada, face às características favoráveis que apresenta, como a elevada taxa de crescimento e alta produção de biomassa, bem como pela facilidade de produção de suas sementes.

A maioria dos trabalhos sobre adubação verde refere-se ao emprego de plantas de cobertura do solo semeadas em pré-cultivo ou em sucessão à cultura do milho. Dessa maneira, existe uma lacuna relacionada a informações sobre benefícios e implicações de caráter técnico ou socioeconômico quanto à utilização da adubação verde, em cultivos intercalares (consórcios simultâneos) ao milho. Esta opção se validado do ponto de vista técnico-científico será uma técnica interessante para os pequenos estabelecimentos rurais familiares, caracterizados pela dificuldade, ou mesmo, impossibilidade de disponibilizar áreas para cultivos exclusivos que não permitem que o agricultor vislumbrem retorno financeiro imediato.

Entretanto, o desafio a ser superado quando se cultiva em um sistema de consórcio, é a necessidade de evitar o estabelecimento de algum tipo de competição e, se possível, promover o mutualismo entre as espécies. Dentre os métodos de aferição da dinâmica de competição entre os cultivos, estão as análises de produção/produktividade e a análise de crescimento, a qual possibilita avaliar o desempenho do sistema assimilatório e os ajustes morfofisiológicos das culturas durante um determinado período de tempo, pois descreve mudanças no desenvolvimento das plantas, em função do tempo, o que não é possível com a simples avaliação do rendimento agrônômico.

Neste sentido, o presente trabalho visa gerar conhecimentos relativos a aspectos da ontogenia das espécies em consórcios, a decomposição da biomassa vegetal, quantificar a perda gasosa de nitrogênio e a eficiência no fornecimento deste nutriente pela adubação verde para a produção de milho e ajustar uma estratégia de manejo da adubação verde tendo em vista também os custos monetários variáveis.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Ajustar uma estratégia de manejo orgânico a partir do consórcio envolvendo o cultivo de *Crotalaria juncea* e milho, em distintas estações do ano, que possibilite otimizar a produção “*In situ*” de biomassa vegetal pela fabaceae, com significativo aporte de nitrogênio, sem que a presença do adubo verde exerça competição capaz de comprometer o rendimento de grãos deste cereal.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar o comportamento morfofisiológico e quantificar a produção de biomassa aérea das culturas de milho e *Crotalaria juncea* em consórcios estabelecidos a partir de diferentes intervalos de semeadura entre o adubo verde e este cereal.
- Verificar a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes da biomassa aérea de *Crotalaria juncea*, e o potencial de fornecimento de nitrogênio para a cultura do milho, bem como quantificar as perdas de nitrogênio pelo processo de volatilização de amônia dos resíduos desta espécie e de outros fertilizantes utilizados no manejo orgânico da cultura do milho.
- Avaliar o rendimento agrônômico da cultura do milho e o balanço aparente de nitrogênio de sistemas produtivos formados pelo consórcio entre *Crotalaria juncea* e milho e os custos monetários da adubação verde.

1.2 Hipóteses

- Em sistema de consórcio, o intervalo entre a semeadura da *Crotalaria juncea* e a semeadura do milho e a época de manejo dessa fabaceae não influenciarão os aspectos morfofisiológicos e produtivos do milho.
- Quando manejada em pleno estágio de crescimento vegetativo, a *Crotalaria juncea* não produzirá a quantidade de biomassa aérea suficiente para suprir a quantidade de nitrogênio requerido pelo milho, refletindo em perda de produção.
- A cinética de decomposição e liberação de nutrientes da palhada *Crotalaria juncea* será elevado. Não ocorrerá perdas significativas de nitrogênio, via volatilização de amônia, dos resíduos do adubo verde e da torta de mamona.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Desenvolvimento sustentável e agricultura

Das crises do modelo de desenvolvimento vigente nascem, como um movimento de revisão e contestação, conceitos como os de desenvolvimento sustentável e de agricultura sustentável (FIOREZE, 2005).

O “Relatório Brundtland” apresentado à Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1987, traz consigo um conceito clássico, o qual diz que: “o desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”³. Este conceito é considerado um pouco vago ou impreciso, mas ainda constitui a essência, o esqueleto, dos demais conceitos que foram surgindo ao longo destes anos, com diferentes enfoques, idealizados por diversos autores e cientistas. Embora hajam pontos comuns, não há um consenso sobre o conceito de desenvolvimento sustentável, sobremaneira quando este conceito é aplicado num contexto de produção agropecuária, como ressaltado por autores como Canuto (2003), Schlindwein et al. (2007) e Borba et al. (2009).

Costabeber & Caporal (2003) dizem que há pelo menos duas grandes correntes disputando o conceito de desenvolvimento sustentável. A corrente ecotecnocrática, a qual - sob uma descrição sumária - acredita que o desenvolvimento sustentável se dá pela mudança de paradigma tecnológico, e que o crescimento econômico é suficiente para garantir o mesmo. Já corrente ecossocial, por sua vez, defende a ideia de que são necessárias mudanças mais amplas e profundas dentro da sociedade para esse desenvolvimento seja efetivo, as quais convirjam para um desenvolvimento socioeconômico, partindo do desenvolvimento social para o econômico, com distribuição de direitos e deveres de forma mais equitativa entre a população. Ao realizar a produção agropecuária, por exemplo, é necessário respeitar os limites de suporte dos recursos naturais, bem como preservar as diversidades socioculturais das comunidades presentes no ambiente onde estão sendo executadas as ações antrópicas.

Estes mesmos autores defendem que a corrente ecossocial, ao contrário da ecotecnocrática, propõe uma mudança no sistema dominante em favor de estratégias descentralizadas, compatíveis com as condições ecológicas e capazes de incorporar as identidades étnicas e valores culturais. Na verdade, o desenvolvimento econômico não sobreviverá sem os sistemas ecológicos e sociais que lhe dão sustentação. Há uma complementaridade indissociável entre esses.

Caporal & Costabeber (2007) afirmam que ao se estabelecer um planejamento de desenvolvimento rural num contexto de maior sustentabilidade, é necessário levar em conta seis dimensões da sustentabilidade (ecológica, social, econômica, cultural, política e ética), as quais indubitavelmente são relacionadas entre si.

A sustentabilidade, no seu conceito mais amplo, é um desafio grandioso e inadiável para governos e para a sociedade global. O atual paradigma está, cada vez mais, demonstrando sinais de insustentabilidade. A construção do “paradigma ecológico”, ou “agroecológico”, no caso específico da agricultura, está em processo de construção (transição); ou seja, o velho já não serve e o novo não está perfeitamente delineado. Segundo Gomes (2003) “será impossível consolidar um novo paradigma partindo da mesma base teórica que fundou o atual”.

No caso específico da agricultura, são claros os sinais de degradação ambiental (PLATONOW, 2012 e IHU, 2012), impactos socioeconômicos (BOGO, 2003) e a ineficiência energética dos sistemas produtivos, hoje ainda hegemônicos. A busca por uma agricultura sustentável, atualmente está sendo o foco principal de muitos debates, bem como

³ Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Relat%C3%B3rio_Brundtland>. Acesso em: 30 novembro 2009.

os meios para alcançá-la. Seja por uma questão de consciência ou por questões meramente econômicas (RATTNER, 1999 e ESPINDOLA et al., 2004).

Embora a gênese dos estilos de agriculturas ditas alternativas, no âmbito mundial, seja quase secular (BRANDENBURG, 2002), seu surgimento no Brasil se deu a partir de 1980. Contudo, ações significativas na promoção destes estilos de agricultura são relativamente recentes. Caporal & Petersen (2011) pontuam avanços em termos de políticas públicas, incorporação de área plantada e volume de produção, mostrando um considerável incremento de ações motivadoras da agricultura familiar nos últimos anos. Entretanto, as iniciativas de políticas públicas que favoreçam uma transição agroecológica até o momento são pontuais, através de ações de governos, e em sua grande maioria não se configuram como uma política pública de Estado.

Assim, considerando a marcante presença da agricultura familiar camponesa no meio rural brasileiro, pode-se dizer que até o momento, o Brasil não experimentou uma ação efetiva e ampla de políticas públicas indutoras de uma nova perspectiva paradigmática para o desenvolvimento rural sustentável, a começar pela própria reforma agrária, que continua sendo propugnada nos marcos dos modelos convencionais de agricultura, sem incorporar soluções inovadoras, como bem critica González de Molina (2009, *apud* Caporal & Petersen, 2011). Estas ações não dão suporte à transição para estilos de agriculturas sustentáveis, nem para o estabelecimento de processos de desenvolvimento rural sustentável. Autores como Altieri & Nichols (2003); Altieri (2009) e Gliessman (2009), afirmam que somente a Agroecologia possui um enfoque científico capaz de subsidiar processos de desenvolvimento rural verdadeiramente sustentável. Para isso, reforçam que a Agroecologia é muito mais do que um tipo de agricultura, como confundem ou idealizam alguns (CAPORAL & COSTABEBER, 2004; EMBRAPA, 2006a).

2.2 Pesquisa e agricultura familiar

A agricultura familiar⁴ tem uma grande importância socioeconômica para o Brasil. Este segmento ocupa 84,4% (4.367.902 propriedades) dos estabelecimentos rurais brasileiros, contudo dispõem de apenas 24,3% da área agrícola, e mesmo assim, com todas as dificuldades técnicas, econômicas e tecnológicas, é responsável por 38% (R\$ 54 bilhões) do valor bruto da produção (VBP) gerada (CONSEA, 2006)⁵. Mesmo com todas as dificuldades, o VBP ha⁻¹ da agricultura familiar é 89% maior que a não familiar, demonstrando a sua superioridade em termos de eficiência produtiva, quando se compara uma mesma área. É notável a tendência que existe na redução do número de pessoas na área rural (DIEESE/NEAD, 2011). A agricultura de base familiar ocupa 12,3 milhões de pessoas, enquanto que a não familiar apenas 4,2 milhões (74,4 e 25,6%, respectivamente), sendo superior em mais de nove vezes o número de pessoas ocupadas por hectare (CONSEA, 2006)⁵.

⁴ Neste trabalho, entenda-se por Agricultura Familiar aquela em que a família, ao mesmo tempo em que é dona dos meios de produção, assume o trabalho no estabelecimento produtivo, admitindo-se contratação de mão de obra temporária, desde que essa não supere 25% da força de trabalho do estabelecimento. Adaptado de Blum (2001). Este conceito está em consonância com a lei federal nº 11.326, de 24 de julho de 2006, a qual considera agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos: I - não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais; II - utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; III - tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento; IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

⁵ Cabe salientar que estes dados englobam áreas com até quatro módulos fiscais, o que abrange uma parcela maior do que a referência deste trabalho, que é de até 10 ha.

Entretanto o sistema produtivo baseado na pequena agricultura familiar está cada vez mais ameaçado. Muitos são os fatores que condicionam esta realidade, mesmo que de maneira empírica, as mais perceptíveis são: o descompasso e a “distância” entre a realidade rural e as pesquisas desenvolvidas nas instituições pesquisadoras (CANUTO, 2003; COSTABEBER & CLARO, 2004; ALVES & CAPORAL, 2012)⁶; a distância entre pesquisadores, profissionais de extensão e agricultores (NOVAIS, 2012; MELLO, 2012); a resistência cultural e as dificuldades financeiras, tanto por parte dos agricultores como dos profissionais ligados à área agropecuária (BERTOL et al., 2012; CAPORAL & PETERSEN, 2011; ALVES & CAPORAL, 2012), entre outras.

A população rural está envelhecendo, e conseqüentemente perdendo capacidade de trabalho. Dados do DIEESE/NEAD (2011) confirmam este fato, bem como Schneider (1999) e Toledo (2008) alertam e discorrem sobre estas transformações. Neste contexto, ao realizar pesquisas que tenham um cunho aplicado, é necessário que se leve em consideração a demanda de mão de obra requerida para cada um dos manejos estudados, além dos aspectos técnicos e econômicos destes manejos, tradicionalmente estudados. A agregação deste fator aos demais se configura numa prerrogativa importante para o que Gomes & Borba (2004) chamam de reaproximação entre a produção e a aplicação do conhecimento gerado.

2.3 Adubação verde

A adubação verde é utilizada pelos agricultores há mais de mil anos, em distintas regiões do mundo, para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, muito antes, portanto, do advento do uso de fertilizantes químicos de alta solubilidade.

Os adubos verdes representam importantes componentes dos sistemas agrícolas, promovendo o aporte de carbono (C) e nitrogênio (N) ao solo, a ciclagem de nutrientes e a proteção contra a erosão (AMADO et al., 2002; LOVATO et al., 2004; CONCEIÇÃO et al., 2005; RIBAS 2002). Estes benefícios são conferidos tanto pelo dossel dos adubos verdes durante o desenvolvimento vegetativo como pelos resíduos culturais. Além desses aspectos, quando fabáceas são utilizadas como adubos verdes, quantidades significativas de nitrogênio são adicionadas ao solo através do processo de fixação biológica (FRANCO & CAMPELLO, 2005; PEREIRA 2007; GIONGO et al., 2011).

Diferentes autores (ABREU et al., 2004; CARVALHO & AMABILE, 2006; REINERT et al., 2008) indicam que algumas espécies, por apresentarem sistema radicular agressivo e profundo, podem promover o rompimento das camadas de compactação sub-superficiais, com expressiva melhoria da estrutura do solo.

No Brasil, as pesquisas com adubação verde tiveram maior atenção até meados dos anos 60, quando, então, passaram a se concentrar na viabilização do modelo industrial químico-mecânico, sendo as práticas biológico-vegetativas relegadas a um segundo plano. Estas últimas eram vistas com reservas pelos agricultores, pois demandavam perda de safra em determinada área reservada ao cultivo da espécie de adubo verde. Todavia, estudos posteriores demonstraram viabilidade de se cultivar adubos verdes em rotação (MIELNICZUK, 1988; CREWS & PEOPLES, 2004; LOVATO et al., 2004; GITTI et al., 2012),

Amado et al. (2002) enfatizam que o nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pelas gramíneas e, por isto, no cultivo de espécies exigentes, como o milho, e normalmente é insuficientemente suprido pelo estoque prontamente disponível do solo, havendo necessidade de fontes suplementares. Uma das prerrogativas da agricultura orgânica consiste na proibição do uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados (BRASIL, 2011).

⁶ Acrescenta-se a este referencial a reportagem publicada no dia 22 de julho de 2012 no jornal “correio do povo” – circulação no estado do Rio Grande do Sul. A qual mostra a realidade de grandes fazendas, mostrando que este problema não afeta somente aos pequenos agricultores familiares.

Segundo Sainju & Singh (2008), incrementos no preço do petróleo juntamente à crescente preocupação com a produção agropecuária sustentável, têm estimulado a busca por alternativas racionais de adição, uso e gestão do nitrogênio na agricultura.

Neste sentido, a adubação verde, principalmente com fabáceas, constitui-se numa importante alternativa de incorporar nitrogênio ao solo e de reciclar outros nutrientes para as plantas (SILVA et al., 2009; SILVA et al., 2006). Também, destaca-se a utilização, isolada ou combinada, de adubos minerais, fabáceas, tortas e esterco (CASTRO et al., 2004; PERIN et al., 2006; PEREIRA, 2007, OLIVEIRA et al., 2008; LEAL et al., 2012). Segundo Crews & Peroles (2004), várias nações tem potencial de substituir totalmente o uso adubos sintéticos de alta solubilidade por adubação verde ou reduzir substancialmente o uso desses.

Entretanto, com vista a melhor utilizar o nitrogênio e ou demais nutrientes incorporados e/ou reciclados no sistema pelas plantas de adubo verde é necessário que haja sincronização entre liberação destes nutrientes a partir dos resíduos dos adubos verdes e a demanda desses pela cultura de interesse econômico (AITA & GIACOMINI, 2003; MANZONI et al., 2010). As fabáceas comumente apresentam altos teores de N na biomassa aérea e produzem, em geral, palhadas de baixa relação C/N, cuja decomposição é relativamente rápida, com expressiva disponibilização de N para as lavouras subsequentes (ALVARENGA et al., 2001). Esta característica pode ser interessante se está sendo cultivado uma cultura com alta demanda como hortaliças folhosas (OLIVEIRA et al., 2008), mas indesejável se está sendo cultivado alguma cultura com lenta capacidade de absorção.

Face o exposto, Aita et al. (2004) alertam que considerável parte do nitrogênio incorporado aos sistemas pelos adubos verdes pode ser perdido por volatilização de amônia, desnitrificação e/ou lixiviação de nitrato, caso não seja equacionado a relação liberação/demanda. Desta maneira, as perdas via volatilização de amônia juntamente com as exportações de N via grãos podem gerar balanços negativos aos sistemas produtivos (ALVES et al., 2004; ALVES et al., 2006; RIBAS et al., 2010).

Neste viés, diversos autores apontam vantagens do consórcio entre poáceas e fabáceas, pois, desta maneira, pode-se melhor equacionar a relação liberação/demanda (AITA & GIACOMINI, 2003; GIACOMINI et al., 2003; PERIN et al., 2006; PERIN et al., 2010).

2.4 Análise do crescimento vegetal

A análise quantitativa do crescimento vegetal acompanha a dinâmica da produção fotossintética e representa a referência inicial na análise de produção, fornecendo informações valiosas, sem necessidade de equipamentos sofisticados (PEREIRA & MACHADO, 1987). Segundo URCHEI et al. (2000), por meio da análise quantitativa do crescimento, podem-se avaliar os efeitos de sistemas de manejo cultural, pois descreve mudanças no desenvolvimento das plantas em função do tempo, o que não é possível com a simples avaliação do rendimento agrônômico.

Apesar da complexidade que envolve o crescimento vegetal, a análise de crescimento é bastante precisa para avaliar o desenvolvimento e mensurar a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (BENINCASA, 2003).

Na análise de crescimento, dados normalmente são obtidos de sucessivas amostragens destrutivas, realizadas durante o ciclo da cultura, através das quais são calculadas as taxas de crescimento (BENINCASA, 2003; CAIRO et al., 2008). As análises podem ter duas abordagens: a clássica, na qual os valores das taxas de crescimento são calculados com base em duas ou mais colheitas consecutivas, fornecendo valores para um intervalo de tempo; e funcional, na qual os dados são ajustados por funções matemáticas, fornecendo valores instantâneos das taxas de crescimento (HUNT, 1979; ARAÚJO, 2003).

Poorter (1989) discute as vantagens e desvantagens dos métodos clássico e funcional, onde considera uma importante vantagem do método funcional, a possibilidade de se obter

taxas instantâneas. Contudo, assim como Hunt (1979), chamam a atenção para o efeito que dados localizados nos extremos das curvas podem causar no ajuste dessas. Outro inconveniente na análise do crescimento é a heterodasticidade dos dados que repercutem na variância dos mesmos. Essa ausência de normalidade dos erros é promovido pela natural diferença entre as avaliações iniciais e as finais, mas que segundo Araújo (2003) pode ser superado através da transformação dos dados em logaritmo neperiano, o que “achata” os dados, repercutindo na atenuação das discrepâncias entre os valores, diminuindo o erro.

2.5 Custos monetários em cultivos consorciados

A análise de custos monetários de sistemas de consórcios é uma ferramenta importante na avaliação destes sistemas produtivos e que, sempre que possível, deve ser empregada em conjunto a outras variáveis para melhor julgá-los. Dentre os métodos existentes para análise econômica tem-se a produção equivalente (RAMALHO et al., 1983; PEREIRA FILHO et al., 1991). Contudo Bezerra Neto et al. (2007) comentam que a principal crítica a essa alternativa decorre do fato de que as relações de preço de uma cultura para outra apresentam variações ao longo do ano, em função das diferentes ofertas nas diferentes regiões (REZENDE et al., 2005). Bezerra Neto et al. (2007) complementam, que para superar esta dificuldade e poder comparar os sistemas, é necessário obter produções equivalentes de cada tratamento.

Ramalho et al. (1983) trazem outras formas de avaliações econômicas que podem ser feitas em sistemas de consórcios. Uma delas é por meio da “orçamentação”. Segundo os autores, esta é a forma mais simples e mais utilizada para se fazer análise econômica devido a sua simplicidade. Este método possui diferentes formas de expressar seu resultado final, tais como: receita líquida total; índice de lucratividade; relação custo benefício, etc. Estas variações são resultante do tratamento final dos dados. Entretanto, a obtenção dos dados é muito similar para todas as formas de apresentação acima comentadas.

Na experimentação agrícola, esta metodologia (orçamentação) impõe algumas restrições como por exemplo, a comparação deve ser entre os tratamentos testados, pois a mesma não permite interpolação entre dois tratamentos, sendo seu maior empecilho em casos em que se quer testar doses de insumos, por exemplo. Mas se quiser avaliar doses fixas, esta metodologia mostra-se, também, adequada.

Esta técnica consiste em orçar os custos e as receitas brutas, para que posteriormente se calcule a receita líquida. Esta técnica permite variar a sua sensibilidade em função dos objetivos de cada caso. Ramalho et al. (1983) comentam que uma das críticas desta técnica recai sobre alguns coeficientes⁷ usados. Entretanto, este empecilho pode ser superado aferindo os coeficientes partindo de dados locais, sejam eles levantados junto aos agricultores ou mesmo previamente medidos “*In loco*”.

A orçamentação tem sido usada por muitos autores para avaliar diversos sistemas, como por exemplo, Santos et al. (2000) avaliaram a viabilidade econômica de um sistema agroflorestal composto por grevilha e café. Rezende et al. (2005) fizeram uma análise econômica para o consórcio de alface e tomate. Já Grangeiro et al. (2011) analisaram um sistema de consórcio entre beterraba e coentro.

⁷ Estes coeficientes dizem respeito a horas máquinas para atividades como aração, plantio, etc; Também pode ser consumo de combustível de máquinas, eficiência de trabalho das mesmas; eficiência do trabalho humano para atividades como capinas, entre outros.

3 CAPÍTULO I

**RELAÇÕES MORFOFISIOLÓGICAS DA CULTURA DO MILHO EM
MONOCULTIVO OU CONSORCIADO COM *Crotalaria juncea*, EM
DIFERENTES INTERVALOS DE SEMEADURA E SOB PRECEITOS
DA AGRICULTURA ORGÂNICA**

RESUMO

O interesse em formas de agricultura sustentável tem crescido nos últimos anos. A prática da adubação verde tem potencial de prover muitos benefícios a estes sistemas produtivos. Contudo, são necessários conhecimentos para manejar as culturas de forma adequada. Assim, objetivou-se estudar uma forma de manejo orgânico do consórcio entre as culturas de milho e *Crotalaria juncea*, que possibilite otimizar a produção “*in situ*” de biomassa vegetal pelo adubo verde, sem que se estabeleça competição interespecífica capaz de comprometer o crescimento do cereal. Foram conduzidos dois experimentos na área experimental da Embrapa Agrobiologia. O primeiro foi realizado no período de novembro de 2010 a março de 2011 (fotoperíodo crescente), num Argissolo Vermelho. O segundo ocorreu entre os meses de abril a setembro de 2011, sobre um Planossolo Háplico. Ambos conduzidos num delineamento experimental de blocos ao acaso, com seis tratamentos, com 4 e 3 repetições, respectivamente. No primeiro ensaio consistiram os seguintes tratamentos: *C. juncea* semeada 7 dias antes da cultura do milho e manejada aos 33 dias após emergência (DAE); *C. juncea* semeada na mesma data de semeadura do milho e manejada aos 29 DAE; *C. juncea* semeada 14 dias após o milho e manejada aos 102 DAE; *C. juncea* semeada 28 dias após o milho e manejada aos 88 DAE; Milho sob monocultivo sem adubação nitrogenada de cobertura e, Milho sob monocultivo com adubação nitrogenada de cobertura. Já no segundo estudo, os tratamentos foram: *C. juncea* semeada 7 dias antes da cultura do milho e manejada aos 43 DAE; *C. juncea* semeada na mesma data de semeadura do milho e manejada aos 37 DAE; *C. juncea* semeada 7 dias após o milho e manejada aos 74 DAE; *C. juncea* semeada 14 dias após o milho e manejada aos 67 DAE; Os últimos 2 tratamentos (milho em monocultivo) foram idênticos aos do primeiro experimento. Para aferições de inter-relações entre os cultivos, se fez uso do método funcional análise de crescimento vegetal, com ajustes de funções polinomiais de 2º grau. Já semeada 7 dias antes do milho, em ambos os períodos de cultivo, a *C. juncea* interferiu de forma negativa nos índices e taxas morfofisiológicas do cereal. Quando as duas espécies foram semeadas simultaneamente, em ambos períodos, observaram-se os melhores resultados para variáveis estudadas do adubo verde sem que afetasse significativamente o crescimento e o desenvolvimento do cereal. O efeito do fotoperíodo sobre o crescimento e o desenvolvimento da *C. juncea* ficou mais evidente quando o adubo verde foi semeado sucedendo milho (14 dias), onde no verão a fabaceae comprometeu o desenvolvimento do milho e quando semeado no inverno trouxe vantagens ao cereal.

Palavras chave: Manejo de adubo verde; competição interespecífica, análise funcional do crescimento vegetal.

ABSTRACT

The interest about sustainable agriculture has grown in recent years. The green manure management has the potential to provide many benefits to these production systems. However, knowledge is needed to handle the cultures appropriately. The objective was to study an organic management by corn and *Crotalaria juncea* intercropping crops, which allows to optimize production "in situ" of biomass plant by green manure, without the establishment of interspecific competition that can compromise cereal growth. Two experiments were conducted in the Embrapa Agrobiology experimental area. The first was conducted from November 2010 to March 2011 (increasing photoperiod), on Ultisol. The second occurred between the months from April to September 2011 on Albaqualf. Both were conducted in a randomized complete block randomized with six treatments with 4 and 3 repetitions, respectively. The treatments for first experiment were: T1 - *C. juncea* seeded seven days before corn crop and managed at 33 days after emergence (33 DAE), T2 - *C. juncea* seeded at the same date of corn sowing (29 DAE), T3 - *C. juncea* seeded 14 days after corn sown (102 DAE), T4 - *C. juncea* seeded 28 days after corn sown (88 DAE), T5 and T6 - corn cropping alone. Experiment 2: T1 - *C. juncea* seeds seven days before the corn (43 DAE), T2 - *C. juncea* seeded at the same date of corn sowing (37 DAE), T3 - *C. juncea* seeded seven days after corn sown (74 DAE), T4 - *C. juncea* seeded 14 days after corn sown (67 DAE), T5 and T6 - corn cropping alone. To first and second experiments, T3, T4 and T6 had been received 70 kg ha⁻¹ of nitrogen by castor bean pie. To measurements of inter-relationships between crops, was used analysis functional method of plant growth, with adjustments of polynomial functions of second degree. When seeded 7 days prior to corn, in both periods of cultivation *C. juncea* interfered negatively the cereal with the rates and fees morphophysiological. When seeded simultaneously showed the best data to meet the overall objective of the study. The effect of photoperiod on growth and development of *C. juncea* was more evident when the green manure was sown succeeding maize (14 days), where in summer the fabaceae undertook the development of maize sown in winter and when provided benefits to cereal.

Keywords: Green manure management; interspecific competition, functional analysis of plant growth.

3.1 INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores que afetam a produção vegetal é a disponibilidade de nutrientes, especialmente o nitrogênio, que é requerido em maior quantidade pela maioria das culturas (FRANCO & CAMPELLO, 2005). Esta problemática é mais pronunciada em sistemas orgânicos de produção, uma vez que não é permitido o uso de nutrientes sintéticos de alta solubilidade (BRASIL, 2011).

Em pequenas propriedades rurais, é comum o uso de esterco curtido como fonte de nutrientes. Entretanto, nem todas as propriedades possuem disponibilidade deste insumo em quantidades suficientes para suprir suas demandas. Diniz et al. (2007) relatam que a prática da adubação verde é uma boa alternativa para proporcionar a redução do uso de composto orgânico e conseqüentemente diminuir os custos de produção. Além disto, o uso da adubação verde tem potencial de prover outros benefícios como proteção do solo, melhorias na estrutura do solo, aumento das capacidades de armazenamento e drenagem dos solos, entre outros, como apresentado por Carvalho & Amabile (2006).

Porém, como destacado por Pereira et al. (2011), a prática de adubação verde, apesar das vantagens, tem sido pouco utilizada pelos agricultores, principalmente no verão. Um dos motivos é a falta de retorno econômico imediato pelo uso de adubo verde, uma vez que este ocupa o espaço de outra cultura capaz de prover renda.

Neste contexto, torna-se interessante o uso da consorciação, a qual tem potencial de otimizar a utilização da área, agregando as vantagens da adubação verde ao sistema, especialmente o aporte de N para a cultura de interesse econômico, que pode ocorrer via excreção de compostos pelas raízes ou via corte e deposição da biomassa sobre o solo (CASTRO et al., 2004; PERIN et al., 2006).

Para tanto, é imprescindível que se observem critérios técnicos já estabelecidos, bem como que se executem trabalhos científicos para avançar no conhecimento, e assim se possa estabelecer o consórcio sem que as culturas utilizadas como adubos verdes venham a competir com a cultura de interesse econômico (RIBAS et al., 2002). Desta maneira, se faz necessária à escolha da espécie de adubo verde que melhor atenda as expectativas, bem como aquela que se adapte ao sistema proposto, para que se possa manejar a cultura de forma adequada.

O interesse pelo uso de fabáceas como fontes de N para as culturas, tem aumentado nos últimos anos, tanto por razões econômicas como ambientais. Dentre as espécies usadas para adubação verde, a *Crotalaria juncea* tem sido destacada, face às características favoráveis que apresenta, como acelerado crescimento inicial, altas produções de biomassa e de sementes (PEREIRA, 2007). Ainda existe uma carência no conhecimento acerca do consórcio (cultivos intercalares, simultâneos) de espécies de adubos verdes com crescimento estival e culturas de interesse econômico, como o milho (PEREIRA et al., 2011).

Dentre os métodos disponíveis para estudos de consórcios, a análise do crescimento vegetal se apresenta como uma ferramenta simples, mas que pode fornecer informações relevantes no processo de entendimento do comportamento dos cultivos frente à situação que foi imposta aos mesmos. Pois, através de aferições da dinâmica dos processos morfofisiológicos em cultivos consorciados e de seus reflexos na produtividade, a análise de crescimento reflete o que é derivado do processo fotossintético e, por conseqüência, avalia o desempenho do sistema assimilatório durante determinado período de tempo (CARDOSO et al., 1987; BENINCASA, 2003). Permite também, fazer inferências acerca dos processos fisiológicos envolvidos no desenvolvimento das plantas ao longo dos respectivos ciclos.

Neste sentido o objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento morfofisiológico e quantificar a produção de biomassa aérea das culturas de milho e *Crotalaria juncea* em consórcios estabelecidos pelos diferentes intervalos de semeadura entre o adubo verde e o cereal.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Caracterização da área experimental

Foram conduzidos dois experimentos na área experimental da Embrapa Agrobiologia, município de Seropédica - RJ. O referido campo experimental situa-se entre os paralelos 22° 49' e 22° 45' de latitude (Sul) e os meridianos 43° 23' e 43° 42' de longitude (Oeste), com altitude média de 33 metros, situado na região da Baixada Fluminense. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw (Clima tropical com estação seca).

As condições de precipitação semanal acumulada e temperaturas médias semanais, observadas durante o período de realização dos trabalhos, foram coletadas pela estação meteorológica do Sistema Integrado de Produção Agroecológica, a qual está localizada a menos de dois quilômetros da área de experimentação, e estão apresentadas na figura 3.1.

O primeiro experimento foi realizado no período de novembro de 2010 a março de 2011 (fotoperíodo crescente), num Argissolo Vermelho-amarelo série Itaguaí (EMBRAPA, 2006b). Previamente à instalação do experimento, foi realizada análise química de solo, a partir de uma amostra composta de terra retirada da camada de 0,0 a 0,2 metros de profundidade, a qual apresentou os seguintes valores: pH em água 5,3; 8,1 mg dm⁻³ de P_{disponível} e 90,0 mg dm⁻³ de K⁺ trocáveis (Mehlich 1); 0,07 cmol_c kg⁻¹ de Al⁺⁺⁺; 2,30 cmol_c kg⁻¹ de Ca⁺⁺ e 0,85 cmol_c kg⁻¹ de Mg⁺⁺ (extraídos com KCl 1 mol L⁻¹).

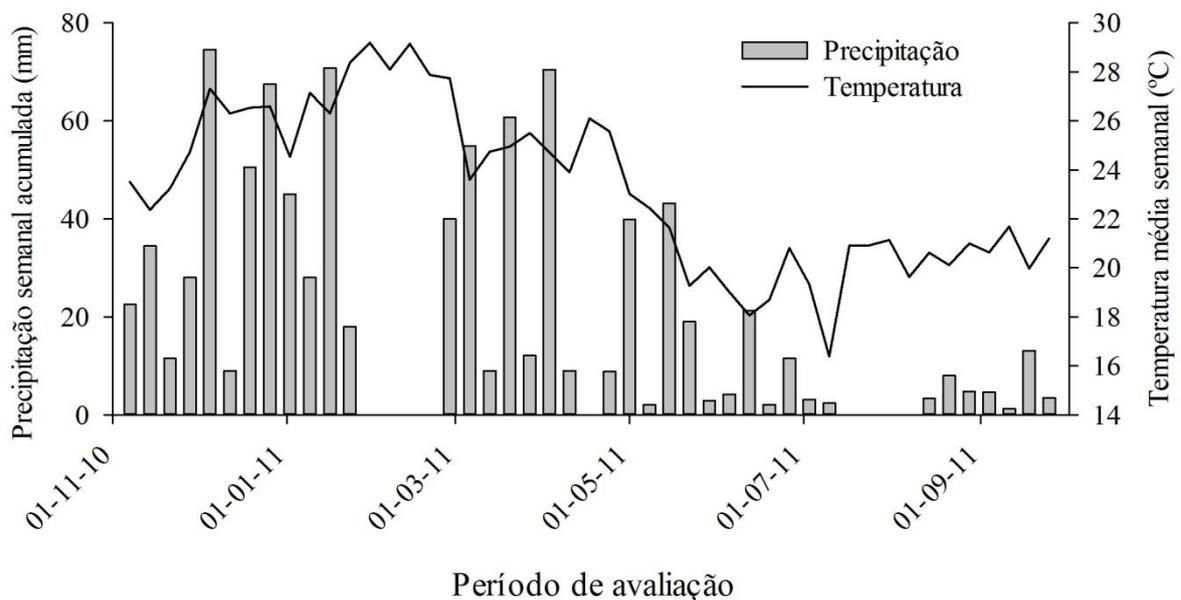


Figura 3.1 - Observações semanais da precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no período de novembro de 2010 a setembro de 2011.

O segundo experimento foi realizado entre os meses de abril a setembro de 2011, no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, sobre um Planossolo Háplico (EMBRAPA, 2006b). Previamente à instalação do experimento, foi realizada análise química de solo, a partir de uma amostra composta de terra retirada da camada de 0,0 a 0,2 metros de profundidade, a qual apresentou os seguintes valores: pH em água 5,5; 7,6 mg dm⁻³ de P_{disponível} e 36,5 mg dm⁻³ de K⁺ trocáveis (Mehlich 1); 2,49 cmol_c kg⁻¹ de Al⁺⁺⁺, 1,09 cmol_c kg⁻¹ de Ca⁺⁺ e 0,39 cmol_c kg⁻¹ de Mg⁺⁺ (extraídos com KCl 1 mol L⁻¹).

3.2.2 Delineamentos experimentais

No primeiro experimento, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições, com parcelas de 6 x 10 metros cada. Os tratamentos avaliados foram: T1 – *C. juncea* semeada sete dias antes da cultura do milho e manejada aos 33 dias após emergência (DAE); T2 – *C. juncea* semeada na mesma data de semeadura do milho e manejada aos 29 DAE; T3 – *C. juncea* semeada 14 dias após o milho e manejada aos 102 DAE; T4 – *C. juncea* semeada 28 dias após o milho e manejada aos 88 DAE; T5 – milho em monocultivo sem adubação nitrogenada de cobertura e, T6 – milho em monocultivo com adubação nitrogenada de cobertura. O manejo da *C. juncea* foi executado a partir da percepção do estabelecimento de uma condição capaz de promover competição por espaço e luz entre as espécies e, correspondeu à roçada e deposição das plantas sobre o solo, numa faixa de 30 cm de distância da linha de plantio do milho.

O segundo experimento teve delineamento experimental em blocos ao acaso, com seis tratamentos e três repetições. Baseado em observações feitas no primeiro experimento e das informações de Pereira (2007), que evidenciam o menor crescimento da *C. juncea* em fotoperíodo decrescente, foram modificadas as datas de semeadura de *C. juncea* em relação ao primeiro estudo. Desta forma, foram avaliados os seguintes tratamentos: T1 – *C. juncea* semeada sete dias antes da cultura do milho e manejada aos 43 dias após emergência (DAE); T2 – *C. juncea* e milho semeados simultaneamente, e manejo do adubo verde aos 37 DAE; T3 – *C. juncea* semeada sete dias após o milho e manejada aos 74 DAE; T4 – *C. juncea* semeada 14 dias após o milho e manejada aos 67 DAE; T5 – milho em monocultivo sem adubação nitrogenada de cobertura e, T6 – milho em monocultivo com adubação nitrogenada de cobertura.

Nos tratamentos T3 e T4, a coleta de amostras de *Crotalaria juncea* foi finalizada antes do previsto, devido ao severo ataque de Oídio (*Erysiphe cichoraceum*) o que comprometeu o crescimento desta espécie, assim como relatado por Timossi et al. (2011).

3.2.3 Implantação e condução dos experimentos

As áreas dos experimentos foram preparadas com uma aração e duas gradagens. Em seguida, com auxílio de um trator equipado com um subsolador, foram abertos sulcos com profundidade média de 20 cm e espaçados 1 m entre si. Estes sulcos foram reabertos, com enxada, para que recebessem a adubação de base.

De posse dos dados da análise do solo, e com base nas recomendações de Almeida et al. (1988), foi feita adubação de base para a cultura do milho. Este procedimento foi feito nos sulcos de plantio, imediatamente antes a semeadura da cultura, utilizando-se os seguintes fertilizantes: esterco bovino curtido (1,4% de N); termofosfato (17,5% de P₂O₅ total) e sulfato de potássio (50% de K₂O). Também se utilizou calcário dolomítico (PRNT 70%), com vistas ao fornecimento de cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

No primeiro experimento, a cada metro linear foram aplicados: 3 L de esterco bovino curtido, 57 g de termofosfato, 8 g de sulfato de potássio e 10 g de calcário dolomítico, o que correspondeu a doses de 50, 100, 40, 28 e 16 kg ha⁻¹, respectivamente para N total, P₂O₅ total, K₂O, Ca e Mg. Depois de aplicados os fertilizantes no sulco, procedeu-se à mistura desses com o solo com auxílio de uma enxada.

No segundo experimento, apenas a quantidade de esterco bovino curtido aplicada diferiu, sendo aplicados 2 L por metro linear. Portanto, reduzindo-se a quantidade de nitrogênio aportado ao sistema. Foram adicionados 34, 100, 40, 28 e 16 kg ha⁻¹, respectivamente para N total, P₂O₅ total, K₂O, Ca e Mg. Como o solo é arenoso, optou-se por adicionar 1 g de FTE BR 12 por metro linear como fonte de micronutrientes.

Em ambos experimentos foram aplicados 70 kg ha⁻¹ de N total via torta de mamona nos dois tratamentos em que a *C. juncea* foi semeada após o milho e em um tratamento onde

este cereal foi conduzido em monocultivo e sem adubação nitrogenada de cobertura. As aplicações foram realizadas em superfície, na linha de semeadura do milho, respectivamente aos 31 e 37 DAE do milho, respectivamente no primeiro e segundo experimento.

Respeitando as diferentes datas de deposição das sementes no solo, os procedimentos para semeadura foram iguais para todos os tratamentos e em ambos os experimentos. Em todos os tratamentos, o milho foi semeado na mesma data. Foram utilizadas sementes da cultivar híbrida AG 1051 adotando uma densidade de 5 plantas por metro linear, em sulcos espaçados de um metro entre si, almejando alcançar uma população de 50 mil plantas ha^{-1} .

Quanto a *C. juncea*, a semeadura foi feita em quatro datas distintas, sendo realizada a inoculação das sementes com estirpes de *Bradyrhizobium* spp. Em seguida, a *C. juncea* foi semeada em fileiras duplas, nas entrelinhas do milho. As linhas de plantio desta fabaceae foram espaçadas 40 cm de distância da linha de milho e 20 cm entre si, com intuito de obter-se uma densidade de 30 plantas por metro linear, o que resultou em uma população de 600 mil plantas ha^{-1} . Para garantir esta população, em todas as parcelas, usou-se uma sobre dosagem no semeio. Após 10 dias de emergência das plântulas foi realizado o desbaste pra manter a população desejada.

Foram realizadas duas capinas para controle da tiririca (*Cyperus rotundus*) e com sistema de irrigação por aspersão permanente, aplicando lâminas de 15 mm por semana, com intervenções, quando necessário, até o ponto de milho verde.

3.2.4 Coletas de plantas

Para realização do estudo da análise do crescimento vegetal, foram efetuadas amostragens destrutivas das plantas. Devido os diferentes períodos de permanência das plantas no campo, foram realizadas entre cinco e oito coletas no primeiro experimento e entre quatro e seis coletas no segundo experimento (Tabela 3.1).

Em cada data, foi coletada a parte aérea de duas plantas de milho dispostas em sequência na mesma linha de plantio, além de 10 plantas de *C. juncea*, cinco plantas de cada lado da seção de milho coletada (Figura 3.2). Para cada coleta e para ambas as espécies em avaliação, foi respeitada uma bordadura com uma distância mínima de 50 cm a partir das plantas coletadas nas amostragens anteriores.

Nas plantas coletadas, foi medida a altura, a partir da superfície do solo até o ápice da última folha totalmente expandida (H), utilizando uma fita métrica com precisão de um milímetro. As plantas foram separadas em caules e limbos foliares (as estruturas reprodutivas, quando presentes, não foram contabilizadas). Foi determinada a área foliar com medidor fotoelétrico de área (modelo LI-3100C, LiCor[®]) com precisão de 1 mm^2 . Então se calculou o índice de área foliar (IAF) através da área foliar total de cada indivíduo dividida pelo espaço ocupado por esse indivíduo (área foliar/(10000 m^2 /população)).

Tabela 3.1– Intervalo de coletas de plantas de milho (M) e *Crotalaria juncea* (CJ), a partir de dias após a emergência das culturas (DAE), em dois experimentos realizados nos períodos de novembro de 2010 a março de 2011 e de abril a setembro de 2011, nas condições climáticas da Baixada Fluminense.

Tratamentos	Milho	<i>Crotalaria juncea</i>
1º experimento – Coletas em dias após a emergência		
T1 - CJ antecedendo M (7 dias)	10; 16; 22; 25; 29; 39; 53 e 67	10; 18; 24; 30 e 33
T2 - CJ e M simultâneos (0 dias)	10; 16; 22; 25; 29; 39; 53 e 67	10; 16; 22; 25 e 29
T3 – CJ sucedendo M (14 dias)	10; 16; 22; 25; 29; 39; 53 e 67	7; 10; 14; 24; 38; 52; 70 e 102
T4 – CJ sucedendo M (28 dias)	10; 16; 22; 25; 29; 39; 53 e 67	10; 24; 38; 56 e 88
T5 – M monocultivo	10; 16; 22; 25; 29; 39; 53 e 67	-----
T6 – M monocultivo + N	10; 16; 22; 25; 29; 39; 53 e 67	-----
2º experimento – Coletas em dias após a emergência		
T1 - CJ antecedendo M (7 dias)	19; 25; 32; 46; 60 e 82	25; 31; 38 e 43
T2 - CJ e M simultâneos (0 dias)	19; 25; 32; 46; 60 e 82	18; 24; 31 e 37
T3 – CJ sucedendo M (7 dias)	19; 25; 32; 46; 60 e 82	12; 18; 25; 39; 53 e 74
T4 – CJ sucedendo M (14 dias)	19; 25; 32; 46; 60 e 82	11; 18; 32; 46 e 67
T5 – M monocultivo	19; 25; 32; 46; 60 e 82	-----
T6 – M monocultivo + N	19; 25; 32; 46; 60 e 82	-----

Cada porção vegetal foi colocada para secar durante 72 horas na temperatura de 65 °C, em estufa com circulação de ar forçado, sendo posteriormente pesadas em balança digital com precisão de duas casas decimais.



Figura 3.2 - Representação esquemática dos locais de amostragem de plantas de milho e *C. juncea*.

3.2.5 Cálculos das taxas de crescimento

Para realização da análise do crescimento vegetal, optou-se pelo método funcional (HUNT, 1979) seguindo as considerações de Pereira & Machado (1987); Benincasa (2003); Cairo et al. (2008) . Desta maneira, os dados obtidos foram ajustados a funções exponenciais polinomiais, onde os dados transformados em logaritmo natural são ajustados a funções polinomiais:

$$W = \exp (A + BT + CT^2)$$

$$\ln W = A + BT + CT^2$$

onde W é a biomassa vegetal em g m⁻² (ou IAF em m² m⁻², quando for o caso), a, b, c coeficientes obtidos no ajuste, e T o tempo em DAE.

Foi escolhido o modelo de 2º grau, que mostrou os melhores ajustes, com coeficiente de determinação (R^2) acima de 89%, e adequação à expectativa biológica dos parâmetros avaliados.

A partir das funções ajustadas aos dados primários de biomassa e IAF, foram calculadas as seguintes taxas de crescimento através das seguintes expressões matemáticas:

- Matéria seca total (MS_T)= $\exp(A_{MST}+B_{MST}*T+C_{MST}*T^2)$, em $g\ m^{-2}$
- Matéria seca da folha (MS_F)= $\exp(A_{MSF}+B_{MSF}*T+C_{MSF}*T^2)$, em $g\ m^{-2}$
- Índice de área foliar (IAF)= $\exp(A_{IAF}+B_{IAF}*T+C_{IAF}*T^2)$, em $m^2\ m^{-2}$
- Altura (H)= $\exp(A_H+B_H*T+C_H*T^2)$, em cm
- Taxa de crescimento relativo (TCR)= $1/W.dW/dT = B_{MST}+2*C_{MST}*T$, em $g\ g^{-1}\ dia^{-1}$
- Taxa de crescimento da cultura (TCC)= $dW/dT = TCR*MS_T$, em $g\ m^{-2}\ dia^{-1}$
- Taxa de assimilação líquida (TAL)= $(1/IAF).(dW/dT) = TCC/IAF$, em $g\ m^{-2}\ dia^{-1}$
- Área foliar específica (AFE)= IAF/MS_F , em $m^2\ g^{-1}$
- Razão de Área Foliar (RAF)= IAF/MS_T , em $m^2\ g^{-1}$
- Razão de Peso foliar (RPF)= MS_F/MS_T , em $g\ g^{-1}$.

3.2.6 Análises estatísticas

Os dados de altura, fitomassa seca da parte aérea e índice de área foliar, para a cultura do milho, nos dois experimentos, foram transformados em logaritmo neperiano, para minimizar os efeitos da heterocedasticidade a qual, naturalmente, está presente pela diferença dos dados entre as coletas dos dados no início e ao final do experimento, com plantas pequenas e grandes respectivamente. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância, num esquema fatorial, 8×6 e 6×6 , respectivamente para experimento 1 e 2. Desta maneira, aplicou-se a análise de variância com sub parcelas no tempo, considerando os fatores tratamentos e dias após a emergência (DAE) do milho, desdobrando os tratamentos dentro de cada DAE, seguindo as considerações de Araújo (2003). Em seguida foi aplicado o teste de médias de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a altura das plantas de milho cultivado ou não em consórcio com a *Crotalaria juncea* durante o período de verão (primeiro experimento), verificaram-se diferenças estatísticas significativas para esta variável ($P=0,036$), bem como interação significativa ($P<0,000$) entre tratamentos (cultivos) e datas de coletas (Figura 3.3; Tabela 3.2).

Isto demonstra que os diferentes intervalos de semeadura da *C. juncea*, bem como o período em que as duas culturas permaneceram crescendo no mesmo espaço, interferiram no crescimento do milho. Gitti et al. (2012) não constaram diferenças na altura da cultura de milho quando cultivado em situações semelhantes à deste estudo. Contudo, esses autores não dispunham do tratamento em que a semeadura do adubo verde antecedeu o milho, e que no presente estudo, foi um dos tratamentos mais afetados pelo estabelecimento do consórcio.

Tabela 3.2- Análise de variância resumida com graus de liberdade (GL) e quadrado médio (QM) para as fontes de variação: blocos, tratamentos, dias após a emergência, erros e coeficientes de variação (CV), de dados transformados em logaritmo neperiano, para as variáveis: Altura, matéria seca total da parte aérea e índice de área foliar de milho, de 2 experimentos relativos ao cultivo de milho consorciado ou não com *C. juncea* sob diferentes intervalos de semeadura, nas condições climáticas da Baixada Fluminense entre novembro de 2010 e setembro de 2011.

Fontes de Variação	GL	QM _{Altura}	QM _{Matéria Seca Total}	QM _{IAF}
----- 1º Experimento (novembro 2010 a março de 2011) -----				
Blocos	3	0,123241	0,401049*	0,192648
Tratamentos (Trat.)	5	0,148316*	0,626298**	0,363603*
Erro 1	15	0,045980	0,116400	0,106765
Dias após a emergência (DAE)	7	23,603482***	82,850251***	69,720122***
Trat. x DAE	35	0,035206***	0,157530***	0,123259*
Erro 2	126	0,006203	0,052628	0,077668
CV 1 (%)		5,41	5,51	5,41
CV 2 (%)		1,99	3,70	1,99
----- 2º Experimento (abril a setembro de 2011) -----				
Blocos	2	0,160467	0,533598	0,151604**
Tratamentos (Trat.)	5	0,021381	0,168834	0,055488
Erro 1	10	0,050017	0,097548	0,018885
Dias após a emergência (DAE)	5	9,299105***	25,93714	3,091786***
Trat. x DAE	25	0,038383	0,068148*	0,013077
Erro 2	60	0,024251	0,033892	0,008695
CV 1 (%)		5,26	4,65	19,04
CV 2 (%)		3,67	2,74	12,92

*, **, *** Significativo aos níveis de 5, 1 e 0,1% pelo teste F.

Por outro lado no período de outono/inverno, nas avaliações feitas para a cultura do milho, não se diagnosticou diferenças estatísticas significativas para a variável altura ($P=0,932$) nem mesmo interação entre tratamentos e datas de coleta ($P=0,075$), como pode ser aferido na Figura 3.4 e Tabela 3.2. Foloni et al. (2008), estudando 20 diferentes cultivares de milho, em período de safrinha no oeste paulista e em condições de adensamento, encontraram diferenças entre genótipos no que tange à altura das plantas, mostrando que cada genótipo tem uma capacidade plástica em resposta ao estresse provocado pela competição. Contudo, para as

condições estudadas, os dados mostraram que tanto a presença da *C. juncea* quanto a adubação nitrogenada de cobertura não foram fatores capazes de interferir de forma significativa para a variável altura.

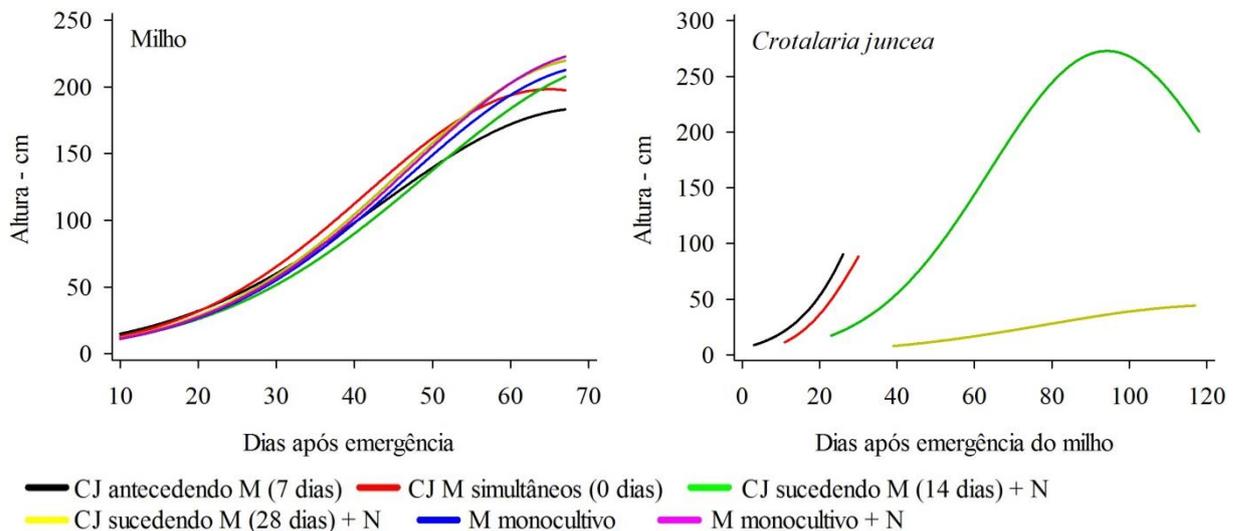


Figura 3.3 - Variação da altura das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11.

A variável biomassa seca da parte aérea apresentou diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos ($P=0,005$) e interação significativa ($P<0,000$) entre tratamentos e datas de coletas (Tabela 3.2; Figura 3.5). Para o cultivo no período de verão, quando os tratamentos foram submetidos ao teste de médias (Tukey 5%), foi possível discriminar duas situações extremas. Quando o milho foi cultivado em monocultivo com adubação nitrogenada de cobertura ($70 \text{ kg de N ha}^{-1}$) apresentou os melhores resultados, já quando a *C. juncea* foi semeada 14 DAS do cereal e a fabaceae foi mantida crescendo no mesmo espaço que a poaceae, o milho acusou que algum fator influenciou no seu desenvolvimento pleno, pois apresentou o menor valor de biomassa da parte aérea. Estes dados diferem dos encontrados por Gitti et al. (2012), os quais não encontraram diferenças estatísticas significativas para biomassa seca da parte aérea do milho quando cultivado com diferentes intervalos de semeadura da *C. juncea* em relação ao cereal.

Estes comportamentos eram esperados, pois a primeira situação era a mais favorável ao crescimento do cereal, enquanto que a presença da *C. juncea* nos estágios iniciais, possivelmente tenha exercido alguma forma de competição, de modo que tenha comprometido o potencial de crescimento do cereal. Assim como o não fornecimento de nitrogênio e/ou a competição interespecífica (milho vs *Crotalaria juncea*) que ocorreu em praticamente todo o ciclo do milho podem ter sido limitantes ao crescimento.

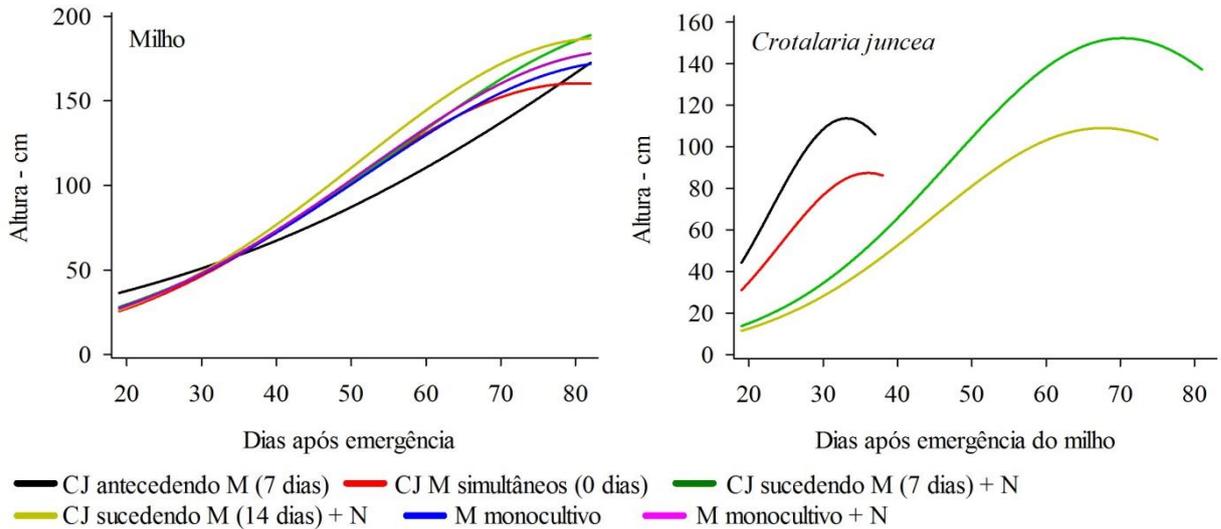


Figura 3.4 - Variação da altura das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011.

Barella (2003) diz que o sombreamento pode ser um limitante ao crescimento das culturas, contudo, isto depende da intensidade e da duração, somados ao estágio de desenvolvimento da mesma. As figuras 3.3 e 3.4 trazem a altura das duas culturas e em diferentes épocas de cultivo, mostram que nos cultivos iniciais, sobremaneira no tratamento em que a semeadura do adubo verde antecedeu em sete dias a semeadura do cereal, houve uma paridade de altura dos cultivos, com pequena vantagem para a *C. juncea*. Desta maneira, possivelmente houve uma competição luminosa entre os cultivos e que seguindo as premissas de Barella (2003) pode-se inferir que isto interferiu na capacidade de crescimento do milho.

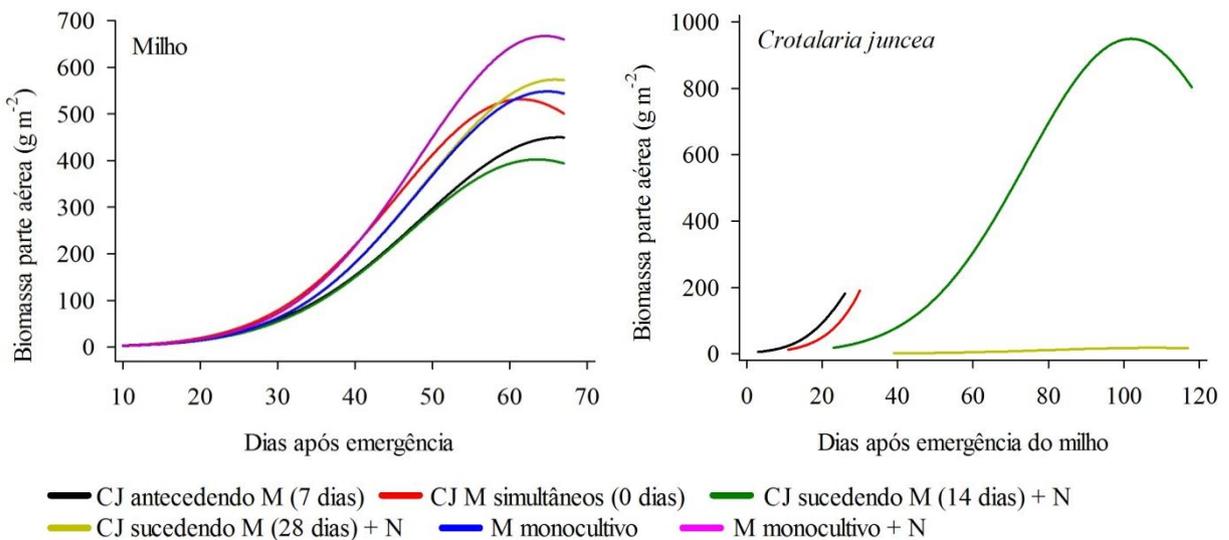


Figura 3.5 - Variação da biomassa da parte aérea das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11.

Seguindo a tendência da variável altura, a biomassa seca da parte aérea do milho, no período de outono/inverno não apresentou diferenças estatísticas significativas entre os

tratamentos ($P=0,215$). Entretanto, para interação entre tratamentos e datas de coletas foram diagnosticadas diferenças significativas ($P=0,014$), ocorrendo interações no período entre 25 e 60 dias após a emergência do cereal com vantagens para o tratamento CJ sucedendo M (14 dias). Mostrando, desta forma, que o consórcio em questão não prejudicou a produção de matéria seca do milho, possibilitando, desta maneira, o acréscimo de palhada através do cultivo de *C. juncea*, o que traz benefícios ao sistema conforme já bem relatado por Arf et al. (2000), Heinrichs et al. (2005) e Silva et al. (2011).

É notável a diferença de altura do adubo verde entre as duas épocas de cultivo, nos tratamentos onde o adubo verde fora cultivado durante um maior período. Quando cultivado no verão, a fabaceae alcançou quase 300 cm de altura, já no outono/inverno a altura não chegou a 160 cm. Contudo, para os tratamentos onde o adubo verde foi manejado, as alturas nos dois períodos de cultivos foram semelhantes. Isto já era esperado, uma vez que a *C. juncea* responde a fotoperíodo tendo seu crescimento atenuado em períodos de menor luminosidade diária, pois nessa condição a *C. juncea* é estimulada ao florescimento, diminuindo o período de estágio vegetativo da mesma (PURSEGLOVE, 1968, *apud* GITTI et al., 2012).

Os dados de altura e biomassa seca da parte aérea, exceto no tratamento CJ sucedendo M (28 dias) + N, para *C. juncea* são compatíveis com os encontrados por Leal et al. (2012), os quais estudaram a melhor época de semeadura e idade de corte da *C. juncea* para condições climáticas da Baixada Fluminense. Contudo, no presente estudo houve intenso ataque de oídio (*Erysiphe cichoraceum*) nesta cultura quando cultivada no período de outono/inverno, o que pode ter comprometido o crescimento do adubo verde. Timossi et al. (2011) consideram o ataque de oídio um problema recorrente para cultura da *C. juncea* para o período de inverno, e que pode ser limitante ao crescimento da mesma com prejuízos, principalmente se a intenção for produzir sementes.

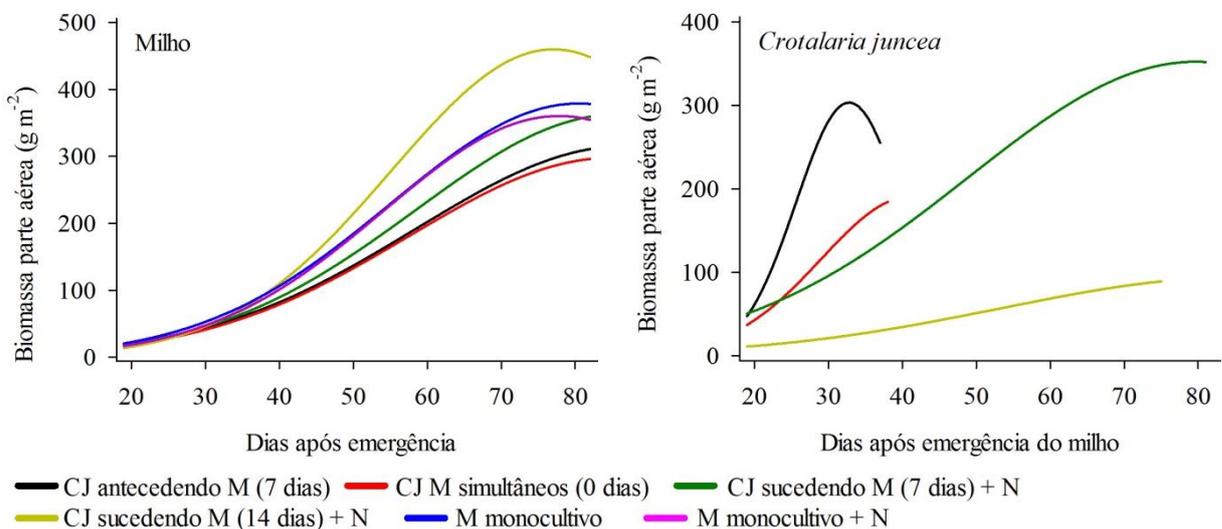


Figura 3.6 - Variação da biomassa das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011.

Ao analisar a taxa de crescimento da cultura (TCC) é possível melhor entender os dados expressos pela biomassa seca da parte aérea. Para cultivo no período de verão (Figura 3.7), o tratamento onde o milho foi cultivado em monocultivo + N, a TCC foi maior do que quando cultivado em monocultivo sem adubação nitrogenada e, também nos consórcios, em

especial onde a espécie de adubo verde foi semeada sete dias antes e 14 dias depois da semeadura do cereal.

Já para o período de outono/inverno (Figura 3.8), as curvas de TCC mostram valores discrepantes, com vantagem para o tratamento CJ sucedendo M (14 dias) + N e menores valores para os tratamentos em que o adubo verde foi semeado 7 dias antes ou na mesma data que o cereal.

Os resultados negativos para esta taxa, no final dos períodos de avaliação, são reflexos da senescência foliar. Efeito esse observado com maior intensidade no tratamento em que a *C. juncea* foi semeada simultaneamente com o milho no período de verão e no tratamento CJ sucedendo M (14 dias) para o período de inverno. Cairo et al. (2008) comentam que quando o índice de área foliar atinge valores elevados pode comprometer a TCC da cultura, o que de fato pode ser aferido neste trabalho (Figuras 3.9 e 3.10). Ademais, como salientado por Hunt (1979) em estágios iniciais e finais, ou seja, nas extremidades das curvas, os modelos podem estimar valores erráticos e sem valor biológico, o que neste caso, se pronuncia ainda mais pela acentuada perda de folhas via senescência/abscisão de folhas velhas.

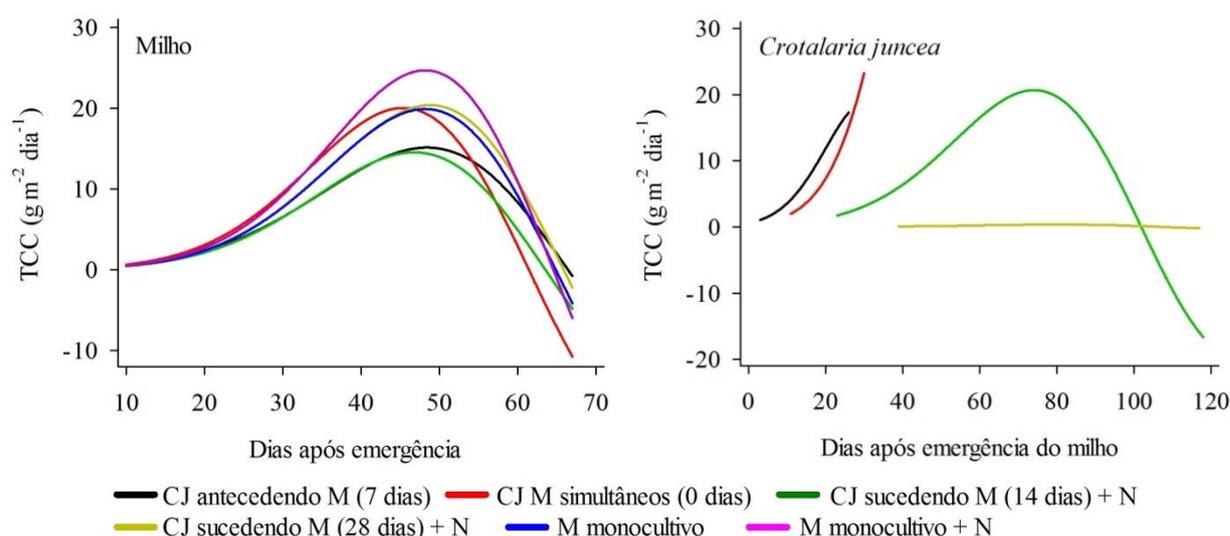


Figura 3.7 - Variação Taxa de crescimento das culturas (TCC) no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11.

A presença do milho suprimiu o crescimento da *C. juncea* quando essa foi semeada 28 dias sucedendo o cereal (Figura 3.7), bem como neste tratamento o milho também recebeu a mesma adubação nitrogenada que no tratamento em monocultivo + N. Desta maneira, esperava-se que nestes dois tratamentos o comportamento para o cereal fosse semelhante. Contudo, aparentemente o TCC do cereal foi reduzido em relação ao milho cultivado em monocultivo + N. Possivelmente a *C. juncea*, mesmo tendo seu crescimento comprometido, exerceu algum tipo de competição.

Gondim et al. (2007) e Lacerda et al. (2010) comentam, com base na literatura e nos dados dos seus trabalhos, que em condição de restrição luminosa as plantas tendem a aumentar seu limbo foliar para aumentar a captura de luz, aumentando, desta forma o IAF. Entretanto, quando o milho foi cultivado em monocultivo sem N em cobertura, e em consórcio com *C. juncea* semeada 14 dias sucedendo o cereal, situação que sugere a ocorrência de competição luminosa, a poaceae apresentou os menores valores ($P=0,030$) para IAF, conforme pode ser visualizado na Tabela 3.2 e Figura 3.9. Os resultados encontrados

neste trabalho, em parte, não se portaram de acordo com o enunciado pelos autores acima citados.

Também o tratamento em que o cereal e o adubo verde foram semeados no mesmo dia, sendo a *C. juncea* manejada 29 DAE, o milho mostrou um surpreendente incremento de área foliar, durante sua fase vegetativa, provavelmente em resposta a condição a que estava submetido. Possivelmente, a resposta para as duas primeiras situações expostas, vai ao encontro da afirmativa de Barella (2003), o qual diz que as respostas à restrição luminosa dependem da intensidade e do tempo de exposição à condição.

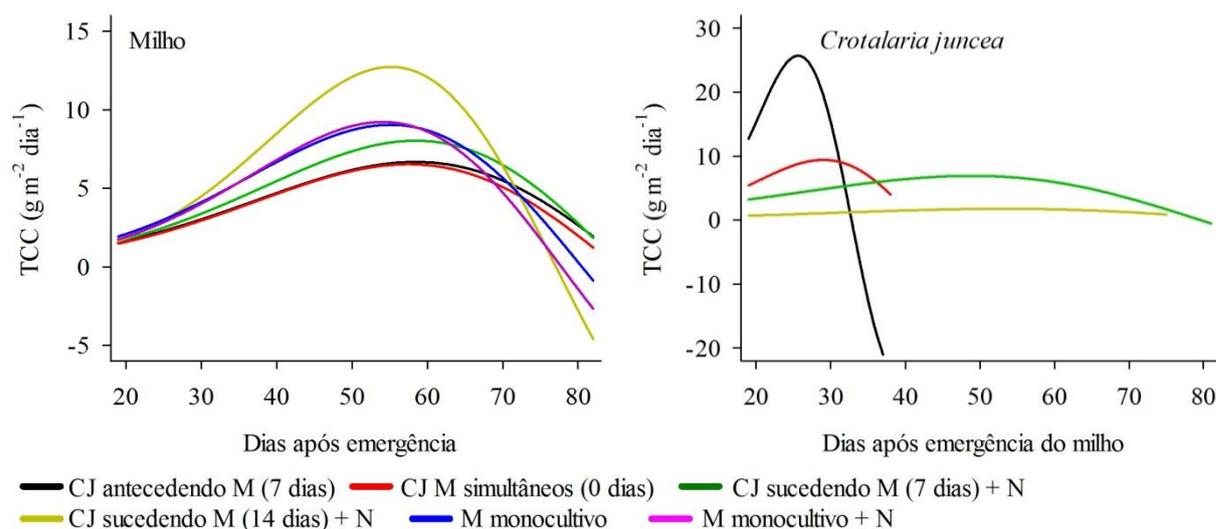


Figura 3.8 - Variação da Taxa de crescimento da cultura (TCC) das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011.

Não foi possível detectar diferenças estatísticas significativas para IAF do milho ($P=0,069$), entre os tratamentos, quando cultivado no período de inverno (Tabela 3.2). Contudo, a Figura 3.10 mostra uma considerável discrepância visual entre os tratamentos CJ antecedendo M (7 dias) e CJ M simultâneos (0 dias) em relação ao CJ sucedendo M (14 dias), com vantagens para este último. Também a interação entre tratamentos e datas de coletas não mostrou diferenças estatísticas significativas ($P=0,100$), como pode ser aferido na Tabela 3.2.

Estes resultados são aceitáveis, pois como bem destacam Serpa et al. (2012), nos cultivos em período de inverno as condições climáticas tendem a restringir o crescimento das culturas com formação de plantas baixas e com reduzida área foliar, de modo que as interações entre os cultivos podem ter sido insuficientes para promover diferenças estatísticas entre os tratamentos. De acordo com Benincasa (2003), o declínio do IAF observado em todos os tratamentos, e nos dois períodos de cultivo, deve-se a senescência/abscisão das folhas velhas e/ou demasiadamente sombreadas pelas demais.

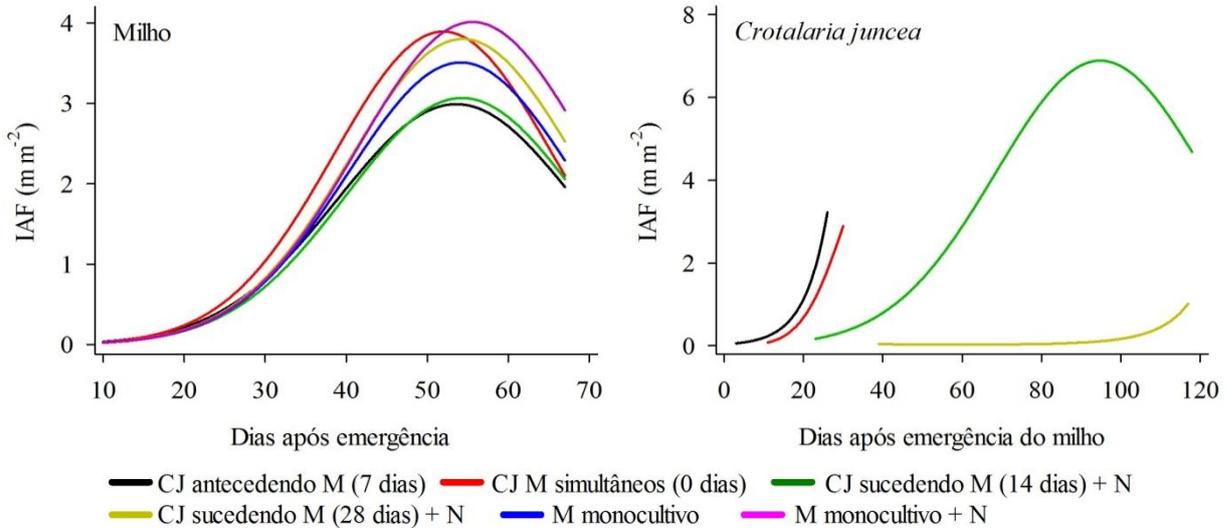


Figura 3.9 - Variação do índice de área foliar (IAF) das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11.

Os tratamentos M monocultivo + N e CJ antecedendo M (7 dias), a qual foi manejada 33 DAE, mostram as maiores discrepâncias visuais para taxa de assimilação líquida (TAL), que podem ser visualizadas na Figura 3.11. As maiores diferenças mostram-se até 35 dias após a emergência do milho, o que coincide com o período em que o adubo verde permaneceu crescendo junto ao cereal, no tratamento em questão. Embora menos pronunciados, em todos os tratamentos onde existiu o consórcio, a TAL apresentou valores menores do que quando em monocultivo, o que sugere que a presença da *C. juncea* interfere de alguma maneira na eficiência de acúmulo de biomassa em função da área foliar, a julgar pelos enunciados de Benincasa (2003) e Cairo et al. (2008), a presença da fabaceae promoveu sombreamento, diminuindo, desta maneira, a eficiência no processo de captura luminosa.

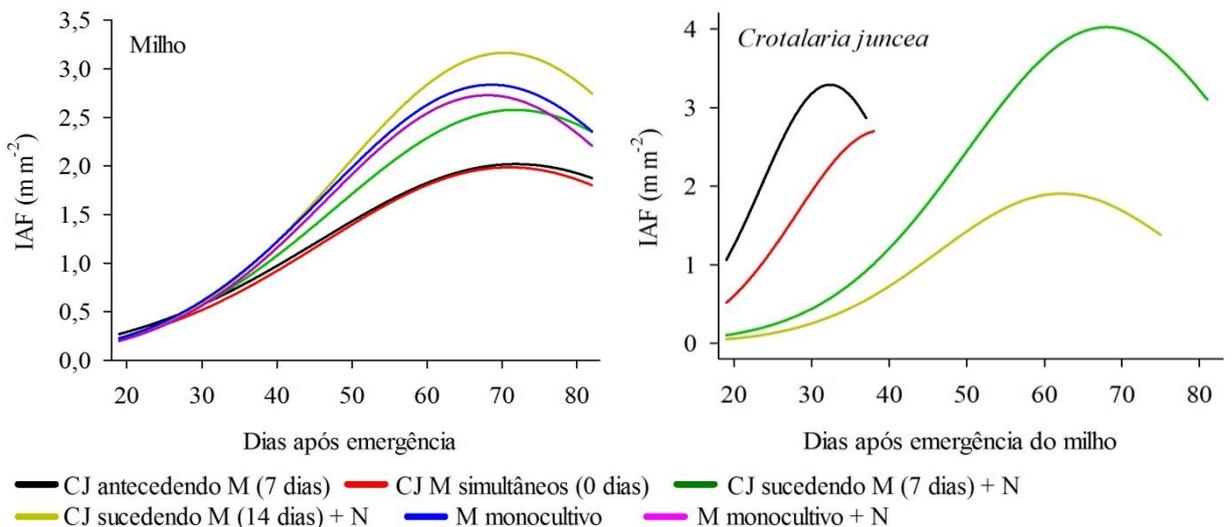


Figura 3.10 - Variação da Índice de área foliar (IAF) das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011.

Para o cultivo de outono/inverno, chama atenção à discrepância no padrão de curva para descrever a TAL no tratamento CJ sucedendo M (14 dias) + N, que diferiu dos demais tratamentos (Figura 3.12). Ao avaliar o TCC (Figura 3.8) e o IAF (Figura 3.10) deste tratamento, é possível inferir que o aparato fotossintético do cereal tenha lhe conferido uma capacidade melhor condição de crescimento, que cai drasticamente à medida que o adubo verde cresce e soma área foliar ao consórcio.

Benincasa (2003) e Cairo et al. (2008) relatam que o auto sombreamento é um dos fatores que influencia na eficiência de absorção/incorporação de CO₂ pelas plantas. Também se soma a esse a redução da eficiência fotossintética pelo avanço da idade das folhas, o aumento da carga respiratória, o que leva a diminuir a relação fotossíntese/respiração (MORAIS et al., 2008).

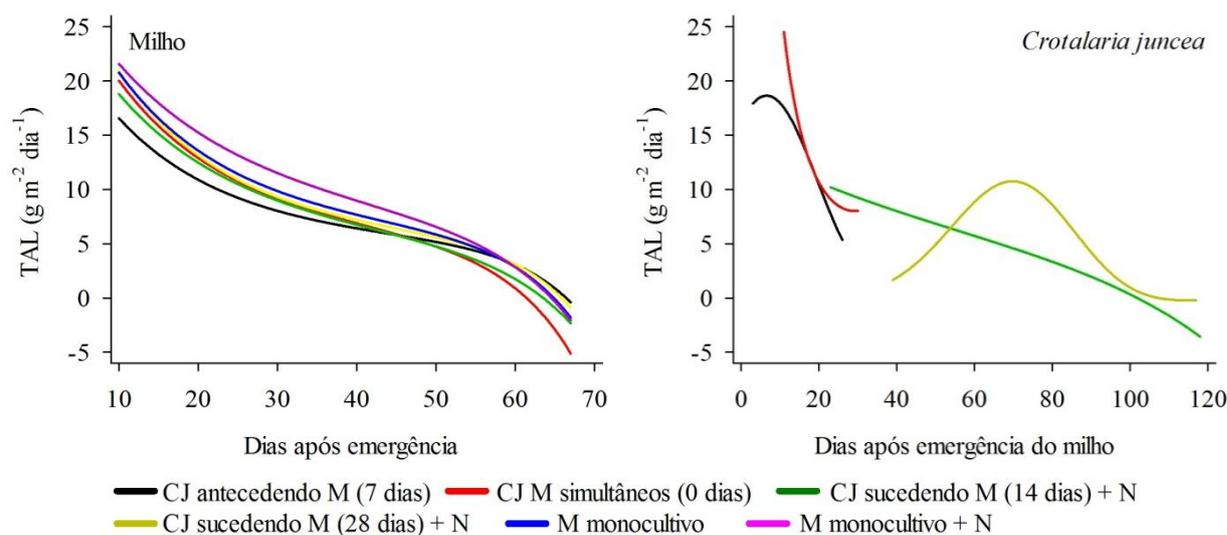


Figura 3.11 - Variação da taxa de assimilação líquida (TAL) das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11.

A área foliar específica (AFE), apresentada na Figura 3.13, mostrou considerável discrepância visual entre os tratamentos. Por ser um índice morfológico, a AFE sugere que nos tratamentos em que a *C. juncea* foi semeada sete dias antes e junto com o milho, pode ter ocorrido competição luminosa entre as culturas, sendo que o cereal, em resposta a este estresse, expandiu seu limbo foliar, no âmbito de aumentar sua área de captação luminosa, sem que acumulasse matéria seca foliar no mesmo ritmo.

Este comportamento é bem relatado na literatura e se trata da plasticidade morfológica que as plantas possuem em maior ou menor grau (POORTER et al., 2000; LACERDA et al., 2010; GOMES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2011). Entretanto, o tratamento CJ sucedendo M (28 dias) + N mostrou um comportamento fora do esperado, pois neste tratamento, a julgar pelos dados apresentados nas Figuras 3.3 e 3.9, não houve competição luminosa para o cereal. Portanto, este aumento na AFE deve-se a outra razão ainda não compreendida.

Os resultados para AFE do milho, quando cultivado no outono/inverno (Figura 3.14), são diferentes do comportamento encontrado no verão, tendo uma menor amplitude, mas isto é compreensível, pois nesse período de cultivo a disponibilidade luminosa é menor. Desta maneira, é natural que a planta invista, desde suas primeiras fases vegetativas, em área foliar para captura luminosa (POORTER et al., 2000; Cairo et al., 2008). Entretanto, os maiores valores de AFE, para os dois períodos de cultivo, são semelhantes.

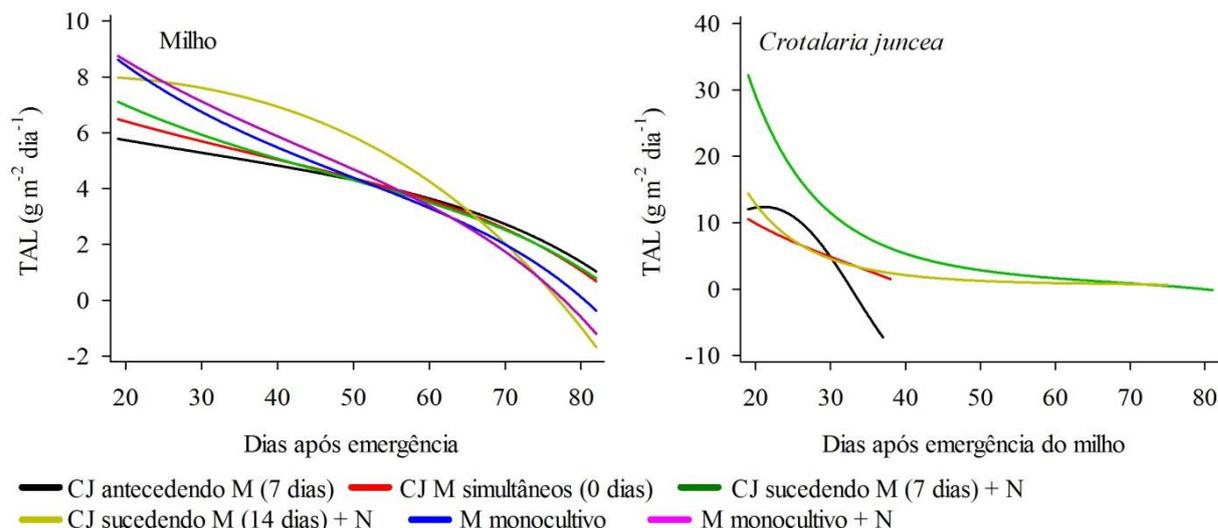


Figura 3.12 - Variação da Taxa de assimilação líquida (TAL) das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011.

O comportamento da curva de AFE ajustada para o tratamento CJ sucedendo M (14 dias) + N, para o período de outono/inverno se destacou, pois tem um padrão inverso aos demais tratamentos, mostrando um padrão descendente em período vegetativo do cereal. Uma possível explicação está associada a TAL que mostra uma maior eficiência fotossintética que os demais tratamentos. SELAYA et al. (2007) relataram que altas massas foliar e total podem prover uma eficiente estrutura de copa e, desta maneira, as plantas podem posicionar suas folhas de modo relativamente mais favorável, de modo a obter alta interceptação luminosa por unidade de área foliar.

A razão de área foliar (RAF) é um componente morfofisiológico e pode ser interpretada como a área foliar fotossinteticamente útil (BENINCASA, 2003; CAIRO et al., 2008). Em especial no cultivo de verão, a RAF deflagrou um esforço da cultura do milho em prover aparelho fotossintético nos tratamentos onde ocorreu alguma restrição ao crescimento, seja pelo não fornecimento de adubação nitrogenada de cobertura ou pelo estabelecimento dos consórcios (Figura 3.15).

Este comportamento foi mais pronunciado no tratamento onde a *C. juncea* foi semeada sete dias antes do milho. Mostrando, desta maneira, todo o esforço do cereal em produzir folhas para captura luminosa. Lacerda et al. (2010) atribuiu o aumento da RAF aos ambientes com restrição luminosa. Esse comportamento é corroborado pela AFE (Figura 3.13), o que evidencia que o cereal usou de sua plasticidade para sobreviver a condição que o mesmo foi exposto.

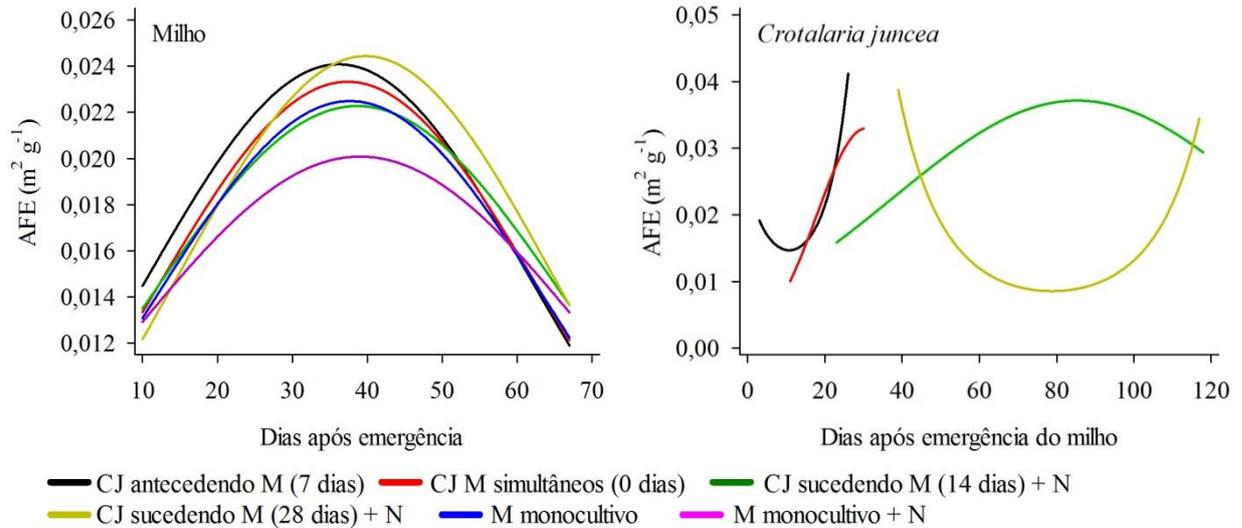


Figura 3.13 – Variação da área foliar específica (AFE) das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11.

Os declínios observados na RAF, ao longo do tempo, são considerados normais por Benincasa (2003), a qual diz que com o crescimento aumenta a interferência das folhas superiores sobre as inferiores, promovendo o auto sombreamento, assim, a tendência é a área útil para fotossíntese diminuir a partir de uma determinada fase.

Assim como a AFE, a RAF (Figura 3.16) para os cultivos no inverno, mostram um esforço da planta em prover folhas desde o início do ciclo da cultura do milho, muito provavelmente pelo menor período de luminosidade diária. Entretanto, não apresentam pronunciadas inflexões, como os cultivos de verão, o que sugere que estas reduções ocorrem de forma natural, como exposto por Benincasa (2003). Ou seja, não houve fatores que condicionaram as plantas a alocarem fotoassimilados para produção extra de folhas.

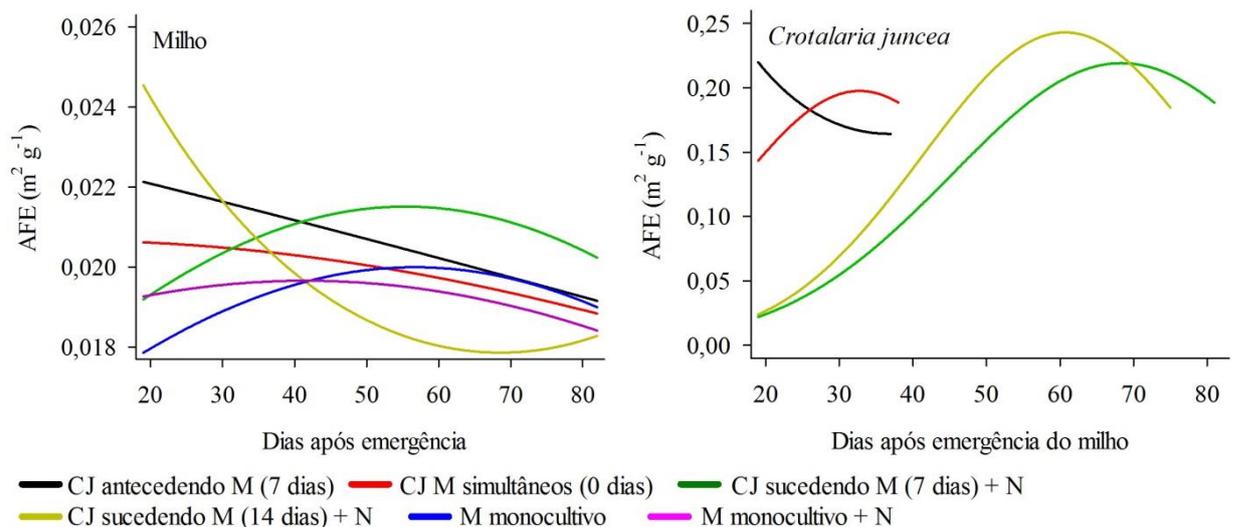


Figura 3.14 – Variação da Área foliar específica (AFE) das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011.

A *Crotalaria juncea* possui rápido crescimento inicial e elevada capacidade de aporte de biomassa ao sistema (PEREIRA, 2007), fato esse que é relevante para atender aos objetivos do presente trabalho. Os dados apresentados sustentam esta inferência, pois mostram a capacidade de crescimento e incremento de IAF, principalmente nos estágios iniciais de desenvolvimento, fator importante para objetivo de prover grandes quantidades de biomassa em curto espaço de tempo.

No primeiro experimento a *C. juncea*, no tratamento CJ 28 sucedendo M + N, quando emergiu já encontrou um ambiente desfavorável ao seu pleno desenvolvimento. Inicialmente houve uma investida da espécie em produzir aparato fotossintético, entretanto, isto teve pouco resultado e o crescimento da planta ficou praticamente estacionado (Figuras 3.5 e 3.7). Já no final do ciclo da cultura do milho, começaram a surgir espaços luminosos no dossel do cereal, de modo a estimular a fabaceae promover novas investidas para seu crescimento, contudo seu crescimento já estava comprometido.

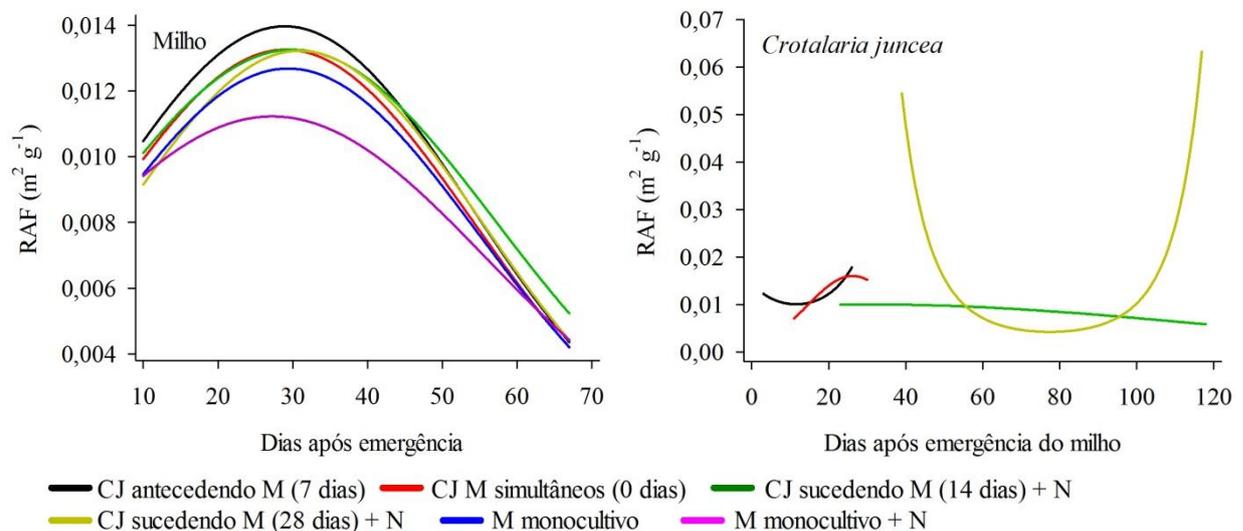


Figura 3.15 - Variação razão de área foliar (RAF) das culturas no período de verão em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2010/11.

O rápido incremento na AFE e na RAF para a *C. juncea* (Figuras 3.13 a 3.16) nos tratamentos CJ 7 antecedendo M e CJ M simultâneos (0 dias), também sugerem que pode ter havido competição luminosa de modo a estimular tanto a expansão de área foliar como investimento da planta para produção de folhas para captura luminosa. Para o tratamento CJ 14 dias sucedendo M, observa-se um comportamento esperado, pois o vultoso volume foliar promovido pelo consórcio pode ter promovido o sombreamento das folhas baixas do milho.

Nos tratamentos em que a *C. juncea* foi manejada aos 29 e 33 DAE, o adubo verde acrescentou próximo a 2000 kg ha⁻¹ de biomassa seca da parte aérea e, no tratamento em que permaneceu em franco crescimento no consórcio sem, aparentemente, afetar sua capacidade de crescimento, essa cultura aportou quase 10000 kg ha⁻¹ de biomassa ao sistema de cultivo.

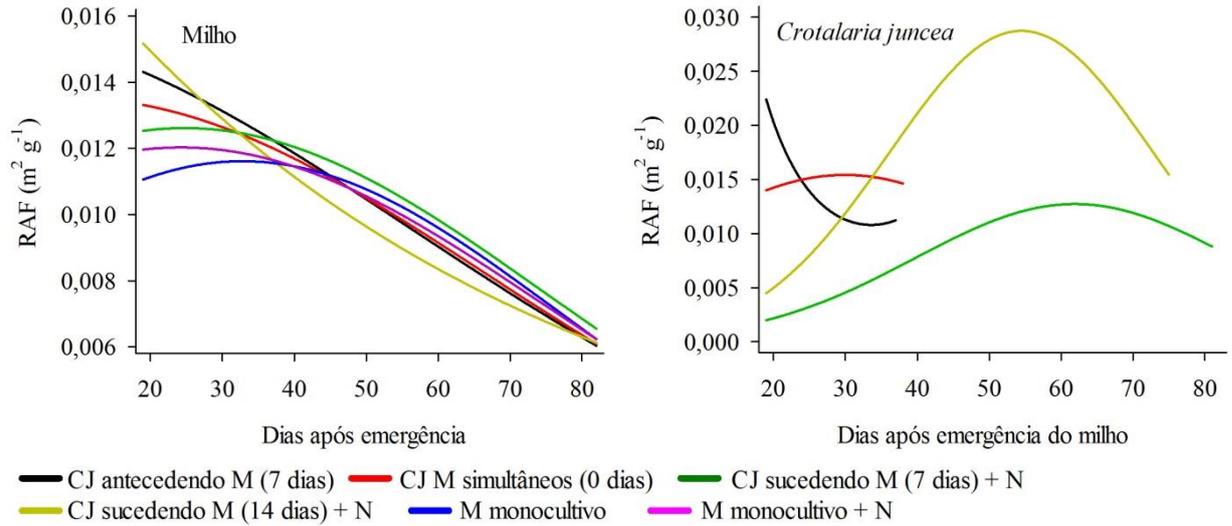


Figura 3.16 – Variação da Razão de área foliar (RAF) das culturas no período de outono/inverno em função do tempo, a partir de intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* (CJ) em relação ao milho (M), na presença e ausência de adubação nitrogenada de cobertura (N) nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola de 2011.

Em relação ao cultivo de outono/inverno a *C. juncea* notou-se que o crescimento foi menor do que o observado no período de verão, porém, os comportamentos mantiveram a mesma tendência.

3.4 CONCLUSÕES

Na estação de cultivo de primavera/verão, o consórcio estabelecido pela semeadura simultânea de milho e *Crotalaria juncea*, apresentou produção de biomassa aérea em quantidades aceitáveis, dado sua ontogenia, com pouca ou nenhuma interferência em taxas e índices associados ao crescimento da cultura do milho.

Para o cultivo no período de outono/inverno, nenhum dos sistemas de cultivo avaliados afetou o crescimento do milho, sendo o consórcio estabelecido a partir da semeadura da *Crotalaria juncea* aos 14 dias após o milho o que possibilitou maior produção de biomassa aérea do adubo verde.

4 CAPÍTULO II

DECOMPOSIÇÃO, LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES E VOLATILIZAÇÃO DE N-NH₃ DA PALHADA DE *Crotalaria juncea*

RESUMO

Nos últimos anos, vem crescendo o interesse na utilização de adubos verdes, para incorporar nitrogênio (N) aos sistemas produtivos. Objetivou-se neste trabalho verificar a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes da biomassa aérea de *Crotalaria juncea* em consórcio formado a partir do intervalo de semeadura desta fabaceae em relação à cultura do milho, além de quantificar as perdas de nitrogênio pelo processo de volatilização de amônia a partir da biomassa de *C. juncea*, torta de mamona e esterco bovino, bem como o potencial de suprimento de N para a cultura do milho. Foram conduzidos dois experimentos na área experimental da Embrapa Agrobiologia – Seropédica/RJ. O primeiro foi realizado no período de dezembro de 2010 a abril de 2011 sobre um Argissolo Vermelho-amarelo, e o segundo no período de dezembro de 2011 a janeiro de 2012 sobre um Planossolo Háplico. Em ambos os ensaios, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso. No primeiro estudo foram avaliados dois tratamentos, com quatro repetições e nove datas de coletas. Os tratamentos foram: T1 – plantas de *C. juncea* que foram semeadas sete dias antes da semeadura do milho e manejadas 33 dias após sua emergência (DAE), e T2 - plantas de *C. juncea* que foram semeadas na mesma data da semeadura do milho e manejadas 29 DAE. Para o segundo ensaio, foram avaliados quatro tratamentos, com quatro repetições e oito datas de coletas. Constituindo os seguintes tratamentos: T1 – Fitomassa de *C. juncea* (1823 kg de matéria seca ha⁻¹ – 45 Kg de N ha⁻¹); T2 – Torta de mamona (70 kg de N ha⁻¹); T3 – Esterco bovino (3 litros metro linear⁻¹ – 50 kg de N ha⁻¹) e T4 – Solo desnudo (controle). Os resíduos de *C. juncea* apresentaram elevadas taxas de decomposição, independente do período de crescimento. As cinéticas de liberação dos nutrientes (K) apresentaram padrões similares, variando a velocidade de liberação dos nutrientes e o tempo de meia vida apenas entre os nutrientes. O potássio, o magnésio e o nitrogênio foram os nutrientes mais rapidamente liberados dos resíduos. O resíduo de torta de mamona apresentou perda acumulada de nitrogênio, via volatilização de amônia, de 45,8% do aplicado, enquanto que para o resíduo de *C. juncea* se observou uma perda de 14,2%. Observou-se baixa emissão de N-NH₃ do resíduo de esterco bovino, sendo inclusive menor que a emissão do solo desnudo.

Palavras chave: Agricultura familiar, liberação de nutrientes, nitrogênio, torta de mamona, perda de nitrogênio.

ABSTRACT

In recent years there is growing interest to use of green manure, for incorporate N to production systems. The objective of this work was to investigate the dynamics of decomposition and release of nutrients from sun hemp biomass intercropping with corn, and quantify nitrogen losses by ammonia volatilization process and potential of nitrogen supply for corn. Two experiments were conducted in the experimental area of Embrapa Agrobiologia - Seropédica - RJ. The first was conducted between December 2010 and April 2011 on a Oxisol and the second from December 2011 to January 2012 on Albaqualf. In both assays, the experimental design was randomized blocks. In the first study evaluated two treatments with four replicates and nine sampling dates. The treatments were: T1 - plants of *C. juncea* were sown seven days before sowing of maize and managed 33 days after their emergence (DAE), and T2 - plants of *C. juncea* were sown on the same date of sowing maize and managed 29 DAE. The second study, four treatments with four replicates and eight sampling dates were analyzed. Constituting the following treatments: T1 - phytomass of *C. juncea* (1823 kg dry matter ha⁻¹ - 45 kg N ha⁻¹); T2 - Pie Castor (70 kg N ha⁻¹); T3 - Cattle manure (3 liters by linear meter - 50 kg N ha⁻¹) and T4 - control. *C. juncea* had showed high decomposition rates, regardless of the growth period. The kinetics of release of nutrients (K) showed similar patterns, varying K and the half-life of only among the nutrients. Potassium, magnesium and nitrogen nutrients were more quickly released than others. The residue of castor bean showed cumulative loss of nitrogen through volatilization, 45.8% of the applied, while for residue *C. juncea* observed a loss of 14.2%. Observed low emission of N-NH₃ from cattle manure, including being less than the issue of control.

Key words: Small farm, release of nutrients, nitrogen, castor bean pie, ammonia volatilization.

4.1 INTRODUÇÃO

O milho é o principal cereal produzido no Brasil, e tem uma singular importância econômica e social, tanto para o agronegócio quanto, e principalmente, para a agricultura familiar dada sua ampla utilização, que compreende a alimentação humana, animal e derivados industriais. Segundo IBGE (2013), o Brasil, no ano de 2012, cultivou uma área de aproximadamente 14,2 milhões de hectares, com produtividade média nacional e para o estado do Rio de Janeiro de 4,721 e 2,118 Mg ha⁻¹, respectivamente. No entanto, esta cultura, em algumas regiões do Brasil, apresenta potencial produtivo para rendimentos acima de 10 Mg ha⁻¹ (FONTOURA & BAYER, 2009).

Para alcançar este potencial produtivo é necessário dispor, além de condições edafoclimáticas adequadas, de um alto nível tecnológico com massivos *Inputs* (entradas) de insumos, normalmente externos à propriedade, dentre esses o nitrogênio (N). Isto, muitas vezes, acaba onerando o sistema produtivo (AMADO et al., 2002). Como a maioria dos produtores rurais, principalmente os pequenos agricultores familiares, não dispõe de condições financeiras para tal investimento, a produtividade média nacional não reflete o potencial produtivo deste cereal.

Quando se pensa em sistemas de produção orgânicos, os desafios são ainda maiores, pois nestas áreas não é permitida a utilização de adubos químicos sintéticos de alta solubilidade, onde se enquadram os fertilizantes nitrogenados (BRASIL, 2011). Ademais, a utilização de esterco, que são uma fonte de N para estes sistemas, pode vir a ser limitada num futuro próximo, caso sejam adotadas orientações técnicas, permeadas em debates, para que este insumo também seja obtido sob manejo orgânico. Isso pode tornar escassa a disponibilidade deste resíduo, já que poucos espaços produtivos conseguem atender esta demanda. Como mencionado anteriormente, o esterco pode ser considerado um insumo de produção, e quando não produzido dentro da propriedade, pode gerar dependências externas a essa, aumentando o custo de produção.

Desta maneira, nos últimos anos vem crescendo o interesse na utilização de adubos verdes, dentre outros intuitos, para incorporar N a sistemas produtivos (CASTRO et al., 2004; SILVA et al., 2009; LEAL et al., 2012). A utilização deste grupo de plantas de cobertura de solo/adubação verde não é uma exclusividade dos sistemas orgânicos de produção, mas também empregada em diversos sistemas produtivos (AMABILE & CARVALHO, 2006). Entretanto, é considerada uma estratégica técnica de manejo para os pequenos agricultores familiares (PEREIRA et al., 2011).

Existem várias formas de utilização da adubação verde como fonte de N para o solo. Contudo, a mais comum é sob a forma de pré-cultivo, onde o adubo verde precede a cultura principal (CASTRO et al., 2004). Assim, vários autores têm estudado os benefícios dessa forma de manejo em pré-cultivo para várias culturas, dentre elas o milho (AMADO et al., 2002; CARVALHO et al., 2004; PERIN et al., 2006; VALADARES et al., 2012). Do compêndio de trabalhos, um dos desafios mais citados é a necessidade de sincronização entre a liberação dos nutrientes da fitomassa do adubo verde e a necessidade dos cultivos subsequentes. Aita et al. (2004) expressaram esta problemática, alertando que considerável parte do nitrogênio incorporado aos sistemas pelos adubos verdes podem ser perdidos por volatilização de amônia, desnitrificação e/ou lixiviação de nitrato, caso não seja equacionado a relação liberação/demanda.

Neste contexto, o uso de sistemas consorciados tem ganhado espaço nas agendas de pesquisa sobre adubação verde, principalmente usando alguma espécie da família das fabáceas para compor o sistema. Castro et al. (2004) postularam que a utilização de consórcios, além da otimização da área de plantio, a cultura principal pode ser beneficiada pelo N fixado via fixação biológica de nitrogênio, seja pela excreção direta de compostos

nitrogenados e pela decomposição de nódulos e raízes, ou mais intensamente a partir do corte da parte aérea que irá decompor e liberar nutrientes durante o desenvolvimento da cultura principal.

Para o estabelecimento de um consórcio é necessário à observação de alguns critérios técnicos, para buscar o máximo de benefícios para o sistema e evitar que a competição entre os cultivos venha a ser um fator negativo de produção (PEREIRA et al., 2011). A quantidade de N aportado ao sistema pelos adubos verdes é em função da quantidade de fitomassa produzida. Soma-se a isso, a maior demanda por nutrientes para a cultura do milho compreende o período próximo aos 45 dias após a semeadura (BALBINOT JR et al., 2005). Portanto, busca-se espécies com rápido crescimento inicial, grande capacidade de aporte de biomassa, além de ter uma liberação de nutrientes que esteja em sincronia com a demanda da cultura principal. De acordo com os dados de Perin et al. (2006) e Pereira (2007) a *Crotalaria juncea* mostra-se como uma espécie promissora para compor o consórcio com a cultura do milho na região da Baixada Fluminense, no estado do Rio de Janeiro.

A partir desta compreensão, objetivou-se neste trabalho verificar a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes da biomassa aérea em consórcio formados a partir do intervalo de semeadura desta leguminosa em relação à cultura do milho, bem como quantificar as perdas de nitrogênio pelo processo de volatilização de amônia e o potencial de suprimento deste nutriente para a cultura do milho.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Caracterização da área experimental

Foram conduzidos dois experimentos na área experimental da Embrapa Agrobiologia, município de Seropédica - RJ. O campo experimental da Embrapa Agrobiologia situa-se entre os paralelos 22° 49' e 22° 45' de latitude (Sul) e os meridianos 43° 23' e 43° 42' de longitude (Oeste), com altitude média de 33 metros, na Baixada Fluminense. O clima da região, segundo a classificação de Köopen, é do tipo Aw (Clima tropical com estação seca).

As condições de precipitação semanal acumulada e temperaturas médias semanais registradas, pela estação meteorológica do sistema integrado de produção agroecológica da Embrapa Agrobiologia, durante o período do experimento estão apresentadas nas figuras 4.1.

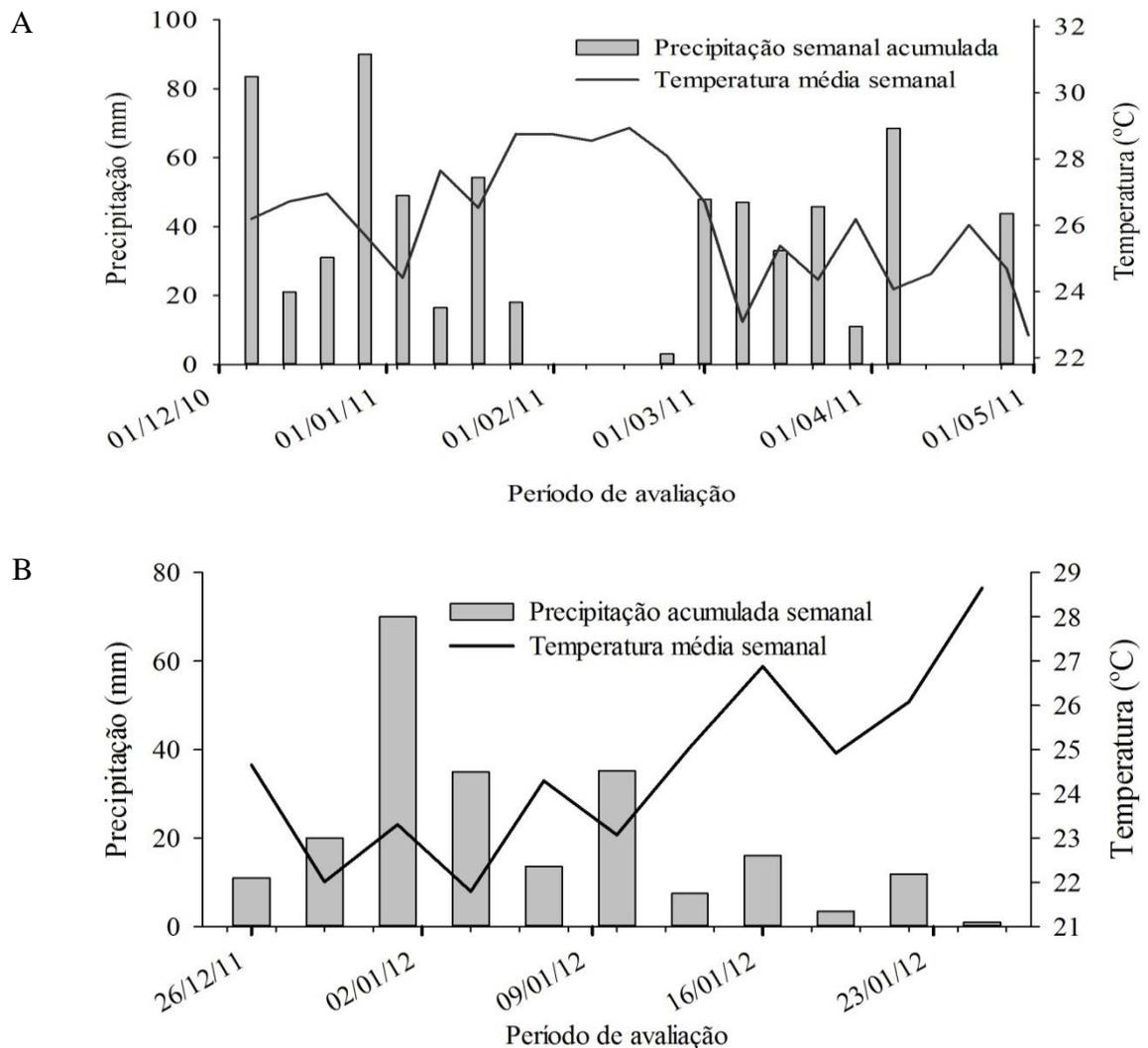


Figura 4.1 – Observações semanais para precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no período de dezembro de 2010 e abril de 2011 (A) e no período de dezembro de 2011 e janeiro de 2012 (B). Na região da Baixada Fluminense.

O primeiro estudo foi realizado no período de dezembro de 2010 e abril de 2011 sobre um Argissolo Vermelho-amarelo, série Itaguaí (EMBRAPA, 2006b). Previamente à

instalação do experimento, foi realizada análise de solo, a qual apresentou os seguintes valores: pH em água 5,3; 8,08 mg dm⁻³ de P e 90,0 mg dm⁻³ de K trocáveis (Mehlich 1); 0,07 cmol_c kg⁻¹ de Al⁺⁺⁺; 2,30 cmol_c kg⁻¹ de Ca e 0,85 cmol_c kg⁻¹ de Mg (extraídos com KCl 1 mol L⁻¹).

O segundo estudo foi conduzido no período de dezembro de 2011 a janeiro de 2012 sobre um Planossolo Háptico, série Ecologia (EMBRAPA, 2006). Previamente à instalação do experimento, foi realizada análise de solo, a qual apresentou os seguintes valores: pH em água 5,4; 7,73 mg dm⁻³ de P e 34,1 mg dm⁻³ de K trocáveis (Mehlich 1); 1,89 cmol_c kg⁻¹ de Al⁺⁺⁺, 1,20 cmol_c kg⁻¹ de Ca e 0,44 cmol_c kg⁻¹ de Mg (extraídos com KCl 1 mol L⁻¹).

4.2.2 Delineamento experimental

No primeiro experimento, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com dois tratamentos, quatro repetições e nove datas de coletas, sendo os tratamentos: T1 – plantas de *C. juncea* que foram semeadas sete dias antes da semeadura do milho e manejadas 33 dias após sua emergência (DAE), e T2 - plantas de *C. juncea* que foram semeadas na mesma data da semeadura do milho e manejadas 29 DAE.

Para o segundo ensaio, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro tratamentos, quatro repetições e oito datas de coletas. Cada repetição consistiu de uma média obtida a partir de dois pontos de coleta instalados cada unidade experimental. Os seguintes tratamentos: T1 – Fitomassa de *C. juncea*, 1823 kg de matéria seca ha⁻¹ (45 kg de N ha⁻¹); T2 – Torta de Mamona (70 kg de N ha⁻¹); T3 –Esterco bovino (onde fora aplicado 3 litros metro linear⁻¹ nos sulcos de plantio do milho – 50 kg de N ha⁻¹) e T4 – Solo desnudo (controle).

4.2.3 Implantação e condução dos experimentos

Para o primeiro estudo, após preparo da área com aração e gradagem, abriram-se sulcos de plantio para o milho, onde, em cada metro linear foram aplicados: 3 L de esterco bovino curtido, 57 g de termofosfato, 8 g de sulfato de potássio e 10 g de calcário dolomítico, o que correspondeu a doses de 50, 100, 40, 28 e 16 kg ha⁻¹, respectivamente para N total, P₂O₅ total, K₂O, Ca e Mg. Depois de aplicados os fertilizantes procedeu-se à mistura desses com o solo com auxílio de uma enxada.

Em seguida foi iniciado o processo de semeadura das culturas do consórcio (Figura 4.2 – A e B). No primeiro momento semeou-se a *C. juncea* em fileiras duplas distanciadas 40 cm das fileiras do milho e 20 cm entre si. Cada linha de plantio recebeu aproximadamente 40 sementes por metro linear da leguminosa previamente inoculada com *Bradyrhizobium* spp. Transcorridos 10 dias da emergência das plantas foi feito o raleio para uma densidade de 30 plantas por metro linear, obtendo-se uma população de 600 mil plantas ha⁻¹.

Sete dias após a primeira semeadura, foram realizadas as semeaduras de *C. juncea*, nas demais parcelas (T 2), e de milho em toda a área experimental. Para a *C. juncea*, procedeu-se da mesma maneira que a semeadura anterior. Para o milho, nos sulcos distanciados de um metro entre si e, previamente aplicados os fertilizantes, foram colocadas duas sementes por cova, distanciadas 20 cm entre si (Figura 4.2 – A e B). Após 10 dias da emergência foi feito o raleio, deixando apenas uma planta a cada 20 cm, obtendo-se uma população de 50 mil plantas de milho ha⁻¹.

Com o intuito de obter a máxima produção de fitomassa da cultura de *C. juncea*, o cereal e o adubo verde foram mantidos em crescimento simultâneo (Figura 4.2 – C) até que se verificou, de maneira empírica, que a competição estabelecida poderia estar causando danos ao potencial produtivo da cultura do milho. Assim, aos 33 e aos 29 dias após a emergência (DAE), respectivamente para a T1 e T2, foi efetuado o manejo (roçada e deposição sobre o solo) das plantas de *C. juncea* (Figura 4.2 – D).



Figura 4.2 – Preparo da área (A), semeadura das culturas de milho e *Crotalaria juncea* (B), visão do consórcio em pleno crescimento das plantas (C), manejo (roçada e deposição) da *Crotalaria juncea* (D), confecção das sacolas de decomposição (litter bags) em laboratório (E) e, visão das sacolas de decomposição acomodadas no campo (F).

Imediatamente antes do manejo das plantas de *C. juncea*, foi efetuado o levantamento da população de plantas em cada parcela. Para tal, foi efetuada a contagem de plantas em seis pontos aleatórios com um metro cada, totalizando seis metros lineares amostrados em cada parcela. Após esta etapa, foi efetuada a coleta das plantas para estimar a produção de fitomassa aérea, bem como obter material para confecção das sacolas de decomposição (litter bags) e realizar análises dos teores de nutrientes contidos no material vegetal. Para este procedimento, coletaram-se seis seções aleatórias na parcela, cada uma com 50 cm, totalizando três metros lineares amostrados em cada unidade experimental.

As sacolas de decomposição, confeccionadas em malha plástica com abertura de um centímetro, possuíam formato quadrado e mediam aproximadamente 25 cm de lado (Figura 4.2 – E). Dentro de cada sacola foi depositado aproximadamente 100 gramas⁸ de material fresco, composto por plantas de *C. juncea* seccionadas em porções de aproximadamente 20 cm de comprimento. Cada unidade experimental recebeu oito sacolas, as quais foram acomodadas aleatoriamente sobre o solo, presas com ganchos de ferro (0,5 cm x 15 cm, respectivamente para diâmetro e comprimento), sendo coletadas em T1 aos 2, 5, 12, 22, 38, 68, 96 e 117, já T2 aos 3, 6, 16, 22, 38, 70, 100 e 114 dias após sua acomodação⁹.

Em cada coleta, as amostras foram retiradas da sacola e secas em estufa com circulação de ar forçado a uma temperatura de 65° C durante 72 horas. Em seguida procedeu-se retirada de impurezas, separação das estruturas morfológicas, folha e ramo, pesagem destes materiais, sendo posteriormente moídos em moinhos de faca tipo Willey, até a fitomassa passar por uma peneiras de 2 mm. Estas amostras foram então enviadas ao laboratório para análise da concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg).

⁸ Para minimizar possíveis diferenças de qualidade do material, em todas as sacolas de decomposição foram colocadas plantas “inteiras”, ou seja, ao adicionar uma planta, colocavam-se todas as seções da mesma dentro da sacola, o que fez com que ultrapassasse 100 g.

⁹ As coletas foram cessadas nesta data porque praticamente toda biomassa seca de *C. juncea* já havia desaparecido. Ainda, o pouco material remanescente, estava contaminado com solo, sendo difícil a separação, bem como as partículas de solo poderiam influenciar nos resultados.

Para caracterizar a decomposição dos resíduos e liberação dos nutrientes, foi utilizado um modelo exponencial, de acordo com Thomas & Asakawa (1993), do tipo:

$$C = C_0 * e^{-kt}$$

Onde: C é a fração remanescente do resíduo inicialmente colocado dentro de cada “litter bag” no tempo t, C_0 é o resíduo inicial e K a constante de decomposição. De posse dos valores de K, calculou-se o tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) dos resíduos vegetais, assim como para a liberação dos nutrientes, ou seja, o tempo decorrido até que o resíduo perca metade de sua biomassa, ou libere, de suas estruturas, a metade da quantidade de cada nutriente inicialmente presente. Para tanto, utilizou-se a seguinte expressão matemática:

$$T_{1/2} = \ln(2)/K$$

Os coeficientes de decomposição foram submetidos ao teste t (student), ao nível de 5% de significância, através do programa Microsoft Excel 2010[®], utilizando para tanto, os desvios padrões de K.

No segundo experimento, os protocolos de preparo e adubação da área e semeadura das culturas foram idênticos aos adotados no primeiro estudo. Contudo, neste ensaio, as culturas foram todas semeadas na mesma data, bem como, foram implantados sistemas de produção de milho em monocultivo.

Assim como no primeiro ensaio, quando se verificou que a competição entre os cultivos poderiam estar causando danos ao potencial produtivo da cultura do milho, a *C. juncea* foi manejada, o que ocorreu 30 dias após sua emergência.

Imediatamente antes do manejo, foi efetuada a quantificação da biomassa aérea da *C. juncea*, da mesma forma como procedera no primeiro ensaio. Após a coleta foram preparadas porções deste material, proporcionais à produção total, as quais foram acomodadas em áreas de 0,0625m² (0,25 x 0,25 m) espalhados na superfície do solo de forma aleatória em pontos junto às linhas de plantio do milho (Figura 4.3 – T1). Para a torta de mamona também foram preparadas porções proporcionais a uma fertilização de 70 kg de N ha⁻¹, as quais foram aplicadas sob a superfície do solo em 0,3 m lineares (com 0,1 m de largura) adjacentes às linhas de plantio do milho (Figura 4.3 – T2). O esterco bovino curtido, foi aplicado nos sulcos de plantio (0,2 m de largura x 0,15 m de profundidade), incorporados ao solo no ato da semeadura do milho, o que ocorreu 34 dias antes da aplicação de T1 e T2. Desta maneira, câmeras foram instaladas nas linhas de plantio do milho para T1, T2 e T3, bem como para tratamento controle (T4), as câmeras foram acomodadas em espaços onde não fora cultivada *C. juncea*, nem aplicada qualquer fonte de nitrogênio (Figura 4.3).



Figura 4.3 – Câmeras para coleta de nitrogênio amoniacal volatilizado em quatro tratamentos: T1 – *Crotalaria juncea*; T2 – Torta de mamona; T3 – Esterco curtido de bovinos e, T4 – Controle, representada pelo solo desnudo e sem aplicação de qualquer fonte de nitrogênio.

Para captura do nitrogênio amoniacal foram utilizadas câmeras do tipo semiaberta estática (Figura 4.3), com espumas de 2,5 cm de largura, embebidas em solução ácida, segundo metodologia proposta por Araújo et al. (2009). Sendo as soluções trocadas/coletadas aos 2, 6, 9, 13, 17, 21, 25 e 28 dias após a aplicação dos resíduos de Torta de Mamona e de *Crotalaria juncea*. Para o esterco bovino as coletas foram feitas simultaneamente aos outros resíduos, entretanto já haviam transcorrido 34 dias da aplicação deste resíduo, que diferente dos demais, foi incorporado ao solo.

Antes de ir a campo, cada espuma era pesada e acomodada em recipiente plástico com capacidade para 50 ml, onde recebia 10 ml da solução ácida. Ao chegar ao local de coleta, a espumas embebidas nesta solução eram acomodadas nas suas respectivas câmeras para captura do $N-NH_3$ volatilizado (Figura 4.4 – A).

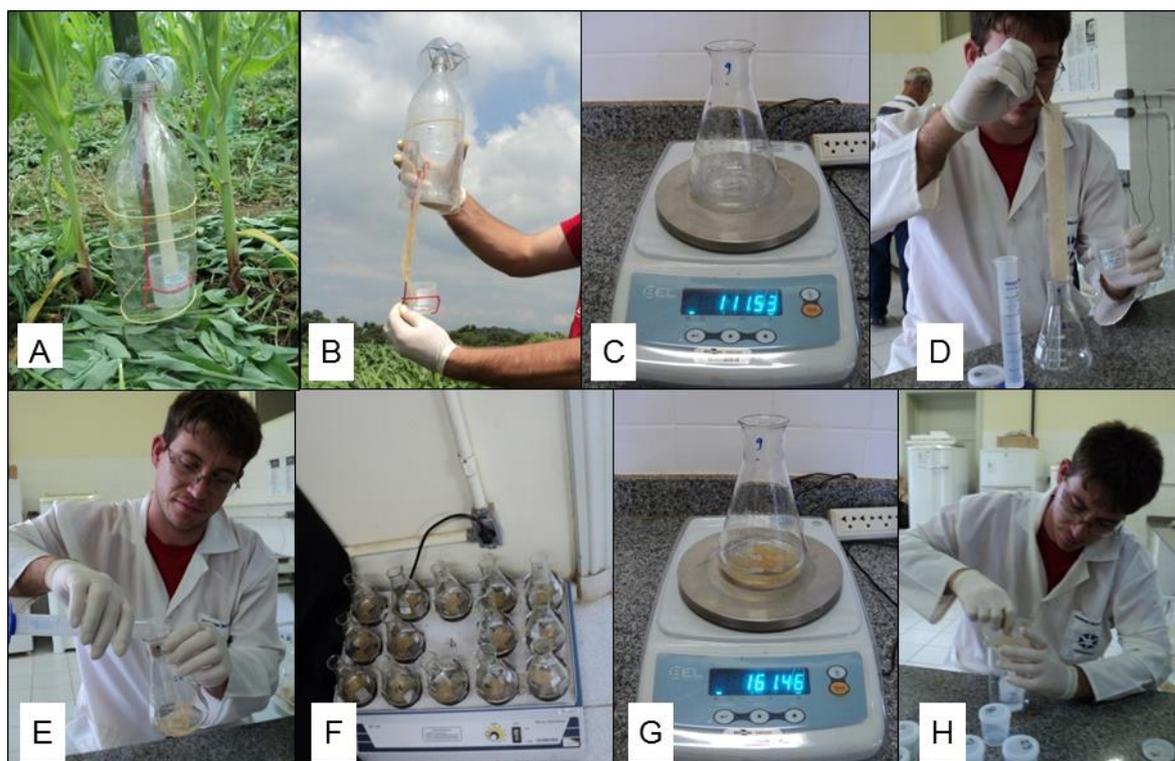


Figura 4.4 –Determinação de nitrogênio amoniacal volatilizado. Câmera modelo semiaberta estática no campo (A); colocação/retirada da espuma embebida em solução ácida (B); pesagem do Erlenmeyer vazio (C); transferência da espuma para o Erlenmeyer (D); adição de água destilada (E); agitação das amostras (F); pesagem da solução (G) e transferência da solução para recipiente de armazenagem (H).

Transcorrido o intervalo entre coletas, cada espuma foi retirada da câmera e imediatamente reacomodada em seu recipiente com tampa. Ao chegar ao laboratório, as espumas foram transferidas para erlenmeyers (previamente pesados) onde receberam 40 ml de água destilada e posteriormente foram agitadas por 10 minutos (Figura 4.4 – C, D, E e F). Após este procedimento, os erlenmeyers contendo as soluções, foram novamente pesados e cada solução transferida para um recipiente onde ficou armazenada em geladeira até a determinação do teor de N (Figura 4.4 – G e H). Para tanto, foram tomadas alíquotas de 10 ml desta solução e levadas para destiladores para determinação de N pelo método de Kjeldhal.

De posse dos dados, para ambos estudos, aplicou-se análise de variância com posteriores estudos de regressão, usando modelo exponencial e mantendo datas de coletas como variável independente, ao nível de significância de 5%. Para tal, fez-se uso do pacote

estatístico SigmaPlot[®] - versão 12.0 e SISVAR – versão 5.3 (FERREIRA, 2011). Já para avaliações da cinética de decomposição, utilizou-se o teste t de Student, com auxílio do programa Microsoft Excel 2010[®].

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observou diferenças estatísticas significativas para cinética de decomposição (K) das plantas de *Crotalaria juncea* manejadas com diferentes idades (P=0,169), embora o tempo o tempo de meia vida entre os resíduos foi de três dias (Tabela 4.1).

Tabela 4.1– Valor inicial (Co), coeficiente de decomposição ou liberação (K), tempo de meia vida $t_{1/2}$, erro padrão, coeficiente de variação (CV), coeficiente de determinação (R²) e probabilidade estatística (P) para nutrientes remanescente na biomassa seca de *Crotalaria juncea* (CJ) cultivada no período de verão (ano agrícola 2010/11), nas condições ambientais da Baixada Fluminense, semeada em diferentes intervalos em relação à semeadura (DAS) do milho (M) e roçada com diferentes ontogênias (dias após a emergência – DAE).

Tratamentos	Co (%)	K	$t_{1/2}$ (dias)	Erro padrão	CV (%)	R ²	P
Matéria seca remanescente da parte aérea							
CJ 7 DAS M (33 DAE)	96,62	0,0228 ^{ns}	30	± 0,0016	6,9	0,99	0,169
CJ 0 DAS M (29 DAE)	93,43	0,0255	27	± 0,0033	13,0	0,96	
Nitrogênio							
CJ 7 DAS M (33 DAE)	101,80	0,0510 ^{ns}	14	± 0,0071	13,9	0,97	0,033
CJ 0 DAS M (29 DAE)	90,49	0,0637	11	± 0,0106	16,7	0,95	
Fósforo							
CJ 7 DAS M (33 DAE)	96,32	0,0358 ^{ns}	19	± 0,0026	8,2	0,99	0,050
CJ 0 DAS M (29 DAE)	91,62	0,0330	21	± 0,0040	12,0	0,97	
Potássio							
CJ 7 DAS M (33 DAE)	106,90	0,1166 ^{ns}	6	± 0,0171	14,7	0,97	0,680
CJ 0 DAS M (29 DAE)	102,30	0,1052	7	± 0,0017	16,1	0,97	
Cálcio							
CJ 7 DAS M (33 DAE)	95,64	0,0355 ^{ns}	20	± 0,0028	7,8	0,99	0,670
CJ 0 DAS M (29 DAE)	90,15	0,0301	23	± 0,0042	14,1	0,96	
Magnésio							
CJ 7 DAS M (33 DAE)	101,70	0,0733 ^{ns}	9	± 0,0074	10,2	0,99	0,326
CJ 0 DAS M (29 DAE)	101,40	0,1183	6	± 0,0098	8,3	0,99	

^{ns} – Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste “t” de Student

CJ 7 DAS M (33 DAE) – *C. juncea* semeada 7 dias antes da semeadura do milho e manejada 33 dias após sua emergência

CJ 0 DAS M (29 DAE) – *C. juncea* semeada na mesma data de semeadura do milho e manejada 29 dias após sua emergência

A literatura traz menores valores para K e maiores valores para $T_{1/2}$, para cinética de decomposição de matéria seca de *C. juncea* (CASTRO, 2004; TORRES et al., 2005 e GIONGO et al., 2011). Entretanto, esta divergência de resultados é compreensível, pois os estádios fenológicos das plantas de *C. juncea* quando foram manejadas eram distintos. Enquanto nos demais estudos o adubo verde fora manejado entre 65 e 110 dias após o plantio (DAP), neste estudo o manejo ocorreu com no máximo 33 dias após sua emergência (38 dias após o plantio). Desta maneira, neste estudo, as plantas possuíam maior proporção de tecidos com baixa relação C/N e pouco lignificados, que são mais facilmente decomponíveis.

Ao avaliar os padrões de decomposição (Figura 4.5) e as condições climáticas do período em que ocorreu o presente experimento (Figura 4.1 – A), pode-se considerar que os fatores climáticos (precipitação pluviométrica e temperatura) foram favoráveis e podem ter

contribuído para altas taxas de decomposição dos resíduos. Torres et al. (2005) e Perin et al. (2006) comentam que as condições de temperatura e umidade podem ter sido fatores determinantes para as diferentes cinéticas de decomposição encontradas em seus trabalhos. Nesta mesma perspectiva, Manzoni et al. (2010) e Marcelo et al. (2012) afirmam que esses fatores incidem sobre a decomposição e liberação dos nutrientes de resíduos vegetais, pois influenciam a atividade dos organismos decompositores além de contribuir na extrusão celular e carreamento de plasma celular.

Os dois tratamentos apresentaram altas taxas iniciais de decomposição (Figura 4.5), fato esse que vai ao encontro dos dados apresentados por Castro (2004). Todavia, este comportamento é descrito por Manzoni et al. (2010) como uma característica comum à decomposição de resíduos vegetais e, assim como Castro (2004), que também trabalhou com *C. juncea*, associaram esta condição as frações solúveis em água que foram removidas.

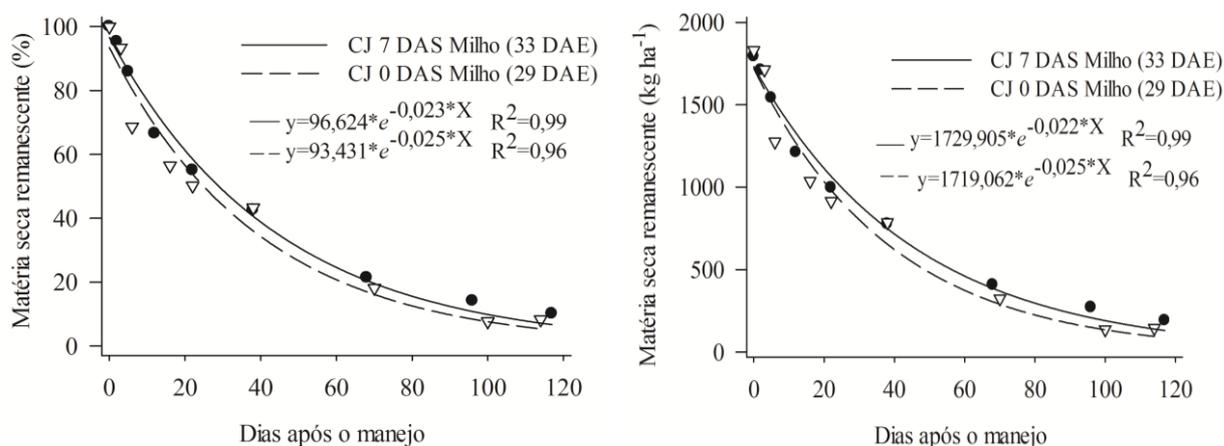


Figura 4.5 – Matéria seca remanescente dos resíduos da parte aérea de *Crotalaria juncea* cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.

Aita & Giacomini (2003), Perin et al. (2010) e Manzoni et al. (2010) também relacionaram as taxas de decomposição às frações solúveis, que são os compostos orgânicos e minerais presentes no plasma celular e que são solúveis em água, dizendo que além da perda de massa, via lixiviação, esses compostos são de fácil decomposição e, inclusive, podem promover o efeito “priming” sobre a decomposição nos resíduos remanescentes. Seguindo suas análises, os primeiros autores, encontraram correlações acima de 96% e com alto grau de significância entre matéria seca remanescente e nitrogênio (N), tanto para o N total quanto para o N solúvel em água.

Assim como nos trabalhos de Aita & Giacomini (2003) e Oliveira et al. (2008), neste estudo, o N remanescente (Figura 4.6) apresentou comportamento similar ao das curvas de decomposição da matéria seca com duas fases distintas: a primeira de forma muito rápida, onde nos primeiros 30 dias após o manejo, aproximadamente 87% do N foi liberado em *C. juncea* simultâneo ao milho (CJ 0 DAS Milho – 29 DAE), o que equivale a quase 40 kg de N ha⁻¹. Após este período inicial, num segundo momento o N foi liberado mais lentamente.

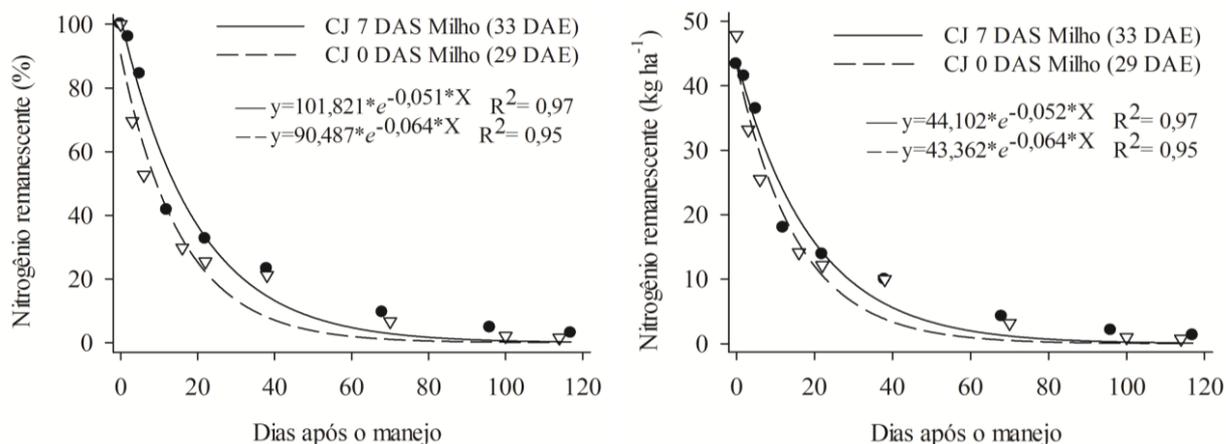


Figura 4.6 - Nitrogênio remanescente da parte aérea de *Crotalaria juncea* cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.

Esta rápida liberação de N tem se mostrado um fenômeno recorrente, tanto em situações onde a *C. juncea* foi manejada em estágio vegetativo, quanto nos casos onde o adubo verde foi manejado em estádios reprodutivos. Para este estudo, o tempo de meia vida para N foi de 14 e 11 dias, quando os resíduos foram manejados aos 33 e aos 29 dias após sua emergência, respectivamente para CJ antecedendo 7 dias M e CJ simultânea M (Tabela 4.1). Já nos estudos de Castro (2004), Torres et al. (2005); Perin et al. (2006), a *C. juncea* foi manejada entre 65 e 110 DAP e se obteve o $t_{1/2}$ para N foi de 20, 22, 15 dias, respectivamente.

Esta característica pode ter dois vieses: por um lado pode ser indesejável em situações na qual a dinâmica de liberação do N não condiz com períodos de alta demanda deste nutriente pela cultura principal, que pode acarretar perdas de N, como ressaltam Aita & Giacomini (2003), Castro (2004) e Perin et al. (2006). Por outro lado, pode ser desejável, em situação onde se tem esta alta demanda de N num curto período de tempo, como por exemplo, em hortaliças folhosas (OLIVEIRA et al, 2008), ou mesmo se sincronize demanda/liberação em culturas de ciclo mais longo e que já estão estabelecidas, como no caso do trabalho de Pereira et al. (2011).

Todavia, no trabalho de Giongo et al. (2011), os autores encontraram um $t_{1/2}$ para N de 66 dias. Ressalta-se que o trabalho desses autores, além de ser composto por um coquetel de espécies da família fabaceae, foi desenvolvido no semiárido nordestino, que é uma região com condições hídricas diferenciadas dos demais estudos, mesmo que o trabalho tenha sido conduzido no período das águas. Também trabalhando no nordeste brasileiro, Leite et al. (2010) atribuíram à restrição hídrica enfrentada durante o período experimental à baixa percentagem de decomposição e liberação de nutrientes obtida. Estas constatações corroboram com Aita & Giacomini (2003) e Manzoni et al. (2010), os quais afirmam que a disponibilidade hídrica é um dos fatores que mais influenciam a decomposição e liberação dos nutrientes, principalmente nas fases iniciais da decomposição.

Segundo Manzoni et al. (2010), o N e o P possuem um padrão simultâneo para mineralização/imobilização, pois o plasma celular está repleto de moléculas compostas por estes dois elementos minerais, sendo facilmente perdidos para o meio, via extrusão celular, bem como são de fácil decomposição. Comportamento esse, que também foi relatado noutros trabalhos (CASTRO, 2004; ROSSI et al., 2008; LEITE et al., 2010; TEIXEIRA et al., 2011). Embora as curvas de liberação de fósforo (P) apresentaram padrões similares ao das curvas de N (Figuras 4.7 e 4.6, respectivamente), a cinética de decomposição e $t_{1/2}$ aparentemente, diferiram (Tabela 4.1). Segundo Taiz & Zeiger (2009), o P, além de estar presente em compostos no citosol, também é constituinte de membranas vegetais, que são moléculas,

relativamente mais recalcitrantes. Desta forma, é compreensível que este elemento possua uma menor velocidade de liberação do que o N.

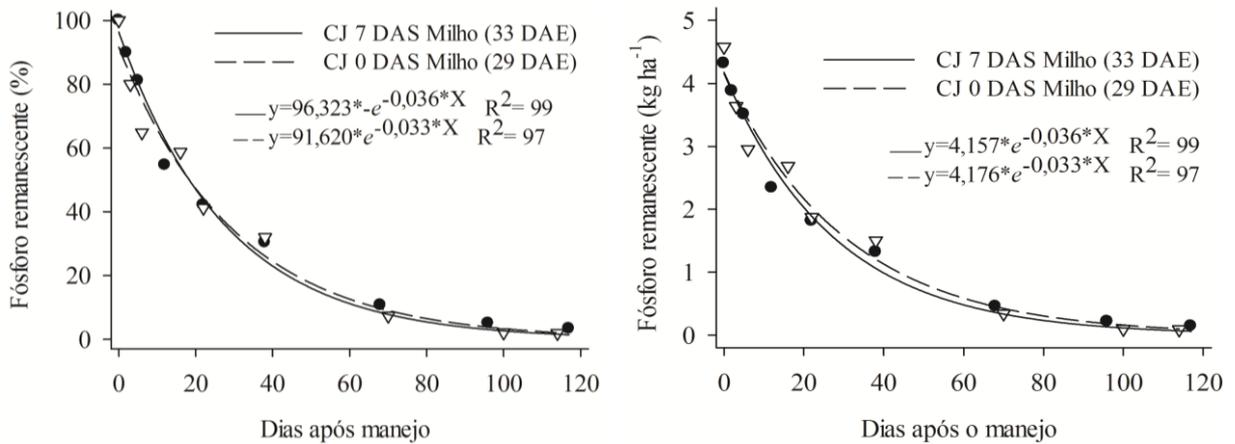


Figura 4.7 - Fósforo remanescente da parte aérea de *Crotalaria juncea* cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.

O potássio (K) foi liberado dos resíduos de forma rápida e similar entre os dois tratamentos (Figura 4.8), inclusive os $t_{1/2}$, de 6 e 7 dias, foram muito próximos (Tabela 4.1). Em apenas 21 dias após o manejo, aproximadamente 90% do K já havia sido liberado em ambos os tratamentos. Segundo Taiz & Zeiger (2009) o K é um íon abundante nas células vegetais, e sua rápida liberação dos resíduos provavelmente está associada ao fato de tal nutriente ocorrer na forma iônica nas plantas, não participando, portanto, das estruturas orgânicas.

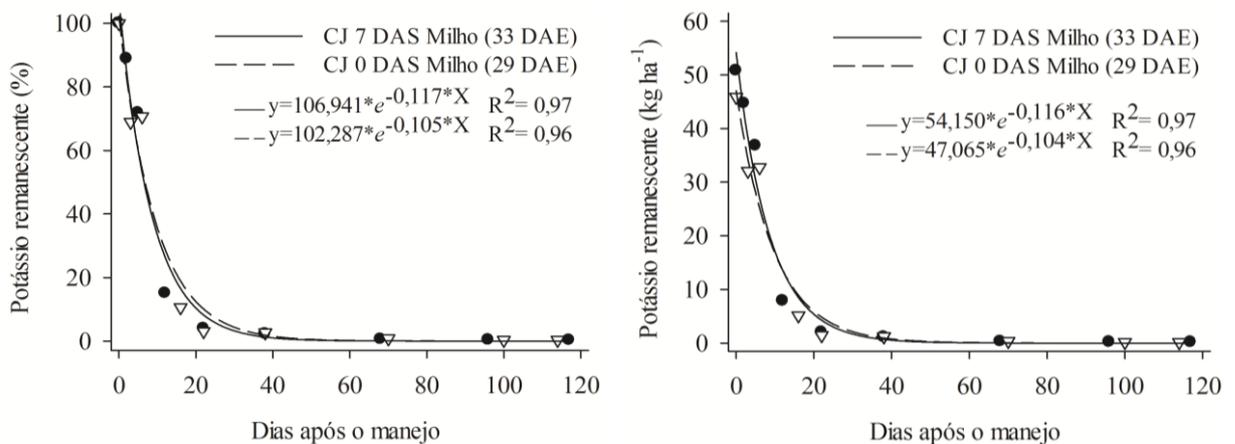


Figura 4.8 - Potássio remanescente da parte aérea de *Crotalaria juncea* cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.

Para Teixeira et al. (2011) a lixiviação é um dos principais mecanismos de transferência do K, presente nos resíduos vegetais, para o solo. As condições climáticas observadas (Figura 4.1) torna o postulado por esses autores como uma hipótese relevante para o presente estudo. Ademais, a rápida velocidade de liberação de K, independentemente da planta de cobertura envolvida, também foi observada por outros autores (GIACOMINI et al., 2003; BOER et al., 2007; PERIN et al., 2010; MARCELO et al., 2012).

Por ser um elemento que faz parte da composição estrutural das células, atuando como ligantes (TAIZ & ZEIGER, 2009), era esperado que o cálcio (Ca) apresentasse um padrão de decomposição semelhante ao da matéria seca da parte aérea (Figuras 4.5 e 4.9). Contudo, este

elemento também está presente na forma iônica no plasma celular, ou nos vacúolos. Desta maneira, é compreensível que para este nutriente tenha sido observado uma meia vida e um padrão de cinética de liberação semelhante ao de P (Tabela 4.1).

Trabalhando com *Crotalaria juncea*, Marcelo et al. (2012) encontraram valores de cinética de decomposição semelhantes para Ca e P, porém em torno de 3 vezes menores do que as observadas no presente estudo. Todavia, Perin et al. (2010) também trabalhando com *C. juncea*, relatam valores discrepantes entre as cinéticas de liberação de Ca e P, sendo que o Ca apresentou uma liberação lenta com $t_{1/2}$ 3 vezes superior a meia vida de P.

Já Boer et al. (2007) e Teixeira et al. (2011) trabalhando com espécies diversas, não encontraram um mesmo padrão de liberação destes nutrientes entre as espécies e/ou cultivares. Como o Ca é um íon que pode ser armazenado no vacúolo, estas discrepâncias podem ter relação com a disponibilidade de Ca no solo e também com a característica de cada espécie no que tange a absorção e armazenamento deste nutriente.

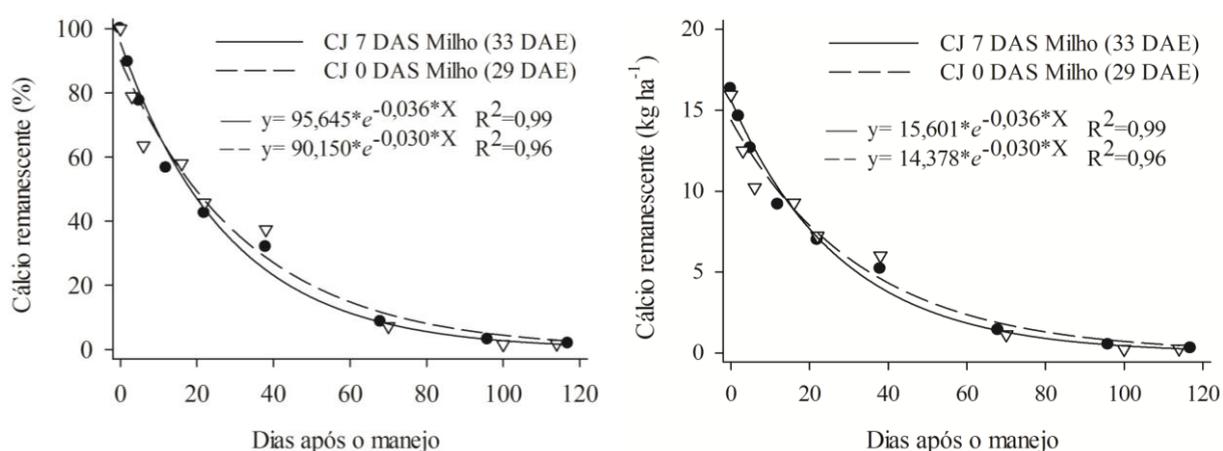


Figura 4.9 - Cálcio remanescente da parte aérea de *Crotalaria juncea* cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.

Assim como para o K, o Mg também apresentou uma rápida liberação em ambos resíduos, com $t_{1/2}$ de 9 e 6 dias (T1 e T2, respectivamente) e uma cinética de decomposição comparável ao observado para K (Tabela 4.1). Segundo Taiz & Zeiger (2009), o Mg é um elemento presente na forma iônica, em moléculas solúveis ou como ligantes de moléculas. Esta forma de ocorrência na planta é apontada por Perin et al. (2010) e Marcelo et al. (2012) como a principal razão para este íon apresentar uma rápida liberação.

Trabalhando com *C. juncea* Perin et al. (2010) encontraram $t_{1/2}$ para Mg, de apenas sete dias e uma constante de decomposição maior que 0,1, valores esses muito semelhantes ao do presente estudo. Todavia, Marcelo et al. (2012), também trabalhando com *C. juncea*, apresentaram uma constante de liberação menor que 0,2. Já Giongo et al. (2011), trabalhando com mix de fabáceas e não fabáceas, encontraram valores de $t_{1/2}$ para Mg que variaram de 67 a 96 dias. Boer et al. (2007) também trabalharam com diferentes espécies, obtendo uma variação de $t_{1/2}$ de 31 a 107 dias.

Embora a literatura aponte que o Mg tem uma rápida liberação, encontra-se discrepâncias na cinética de liberação deste elemento para trabalhos com a mesma espécie, e entre diferentes espécies, mostrando que assim como o Ca, esta rápida transferência para o meio pode ser dependente das condições edafoclimáticas em que as culturas foram conduzidas, sobretudo a disponibilidade deste nutriente no solo.

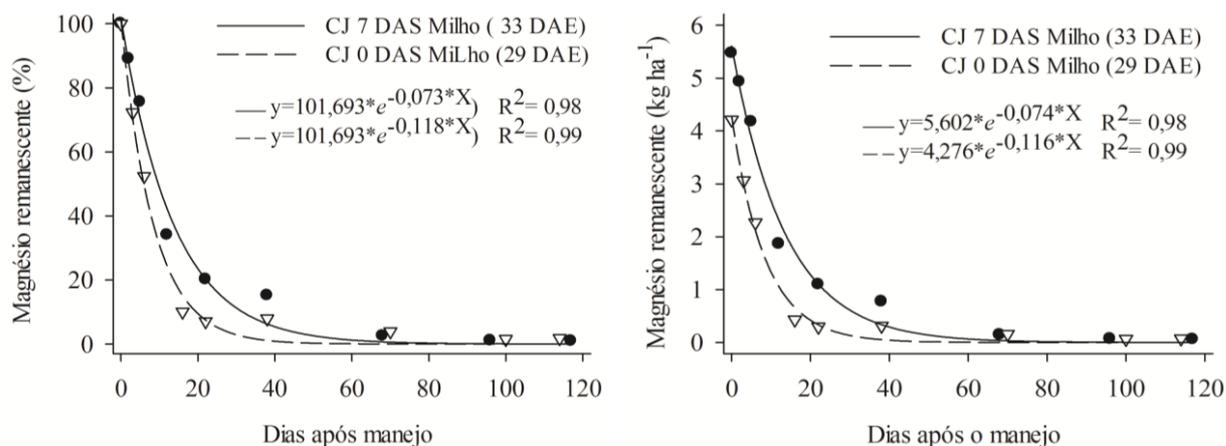


Figura 4.10 - Magnésio remanescente da parte aérea de *Crotalaria juncea* cultivadas durante o período de verão e manejadas aos 29 e 33 dias após sua emergência.

Os processos de perda de nutriente são importantes. Como N é um elemento muito dinâmico ele está susceptível a inúmeros processos e/ou intensidade de perdas. Autores como Port et al. (2003); Araújo et al. (2009) e Ribas et al. (2010), através de suas revisões, são unânimes em alertar que a volatilização de amônia (N-NH₃) é uma das principais formas de perda de N. Este tema tem recebido atenção nas agendas de pesquisa, entretanto, quase 20 anos após a constatação de Janzen & Mcginna (1991), Ribas et al. (2010) comentam que a maioria dos trabalhos avaliando a volatilização de N-NH₃ são a partir da aplicação de fertilizantes minerais ou esterco, e, que informações sobre a volatilização de amônia diretamente dos adubos verdes ainda são raras.

A volatilização de amônia (N-NH₃), por ser a resultante de uma combinação de vários fatores, pode apresentar uma grande variação de resultados, inclusive para o mesmo ambiente de estudo, como ressaltado por Port et al. (2003); Araújo et al. (2009) e Ribas et al. (2010). Para análise de volatilização de N-NH₃, devido à falta de homogeneidade nos dados aliado a expressiva diferença apresentada por um dos tratamentos, para com os demais, optou-se pela análise dos dados transformados por logaritmo neperiano. Entretanto, mesmo assim os dados apresentaram um coeficiente de variação de 39,8%.

A partir da análise de variância, constataram-se diferenças estatísticas significativas para os tratamentos ($P < 0,0001$) e interação entre tratamentos e coletas ($P < 0,0001$). As emissões seguiram a seguinte ordem de grandeza: torta de mamona > *C. juncea* > controle > esterco bovino, fato que pode ser facilmente diagnóstico em observação da figura 4.11. Em relação às interações, quando analisadas decompondo os tratamentos dentro das datas de coletas, foi possível destacar consideráveis taxas de volatilização para a torta de mamona já nas primeiras 24 horas do início do estudo que se mantiveram até 13 dias após sua aplicação (DAAp), com pico máximo de emissão para o intervalo entre 2 e 6 dias, onde volatilizou 13,16 kg de N ha⁻¹. Já para *C. juncea* constatou-se as maiores taxas de emissão entre coletas aos 9 e aos 13 DAAp, com pico máximo de 2,43 kg de N ha⁻¹.

Todavia, também foi feito o estudo de regressão e ajuste de funções para N volatilizado acumulado durante o período de 28 DAAp (Tabela 4.2). Embora regressões apresentassem coeficientes de determinação relativamente pequenos, todos foram altamente significativos, assim como para as funções ajustadas, o que demonstra que as funções foram adequadas para descrever o fenômeno de cada resíduo.

A maior volatilização de N a partir dos resíduos de torta de mamona, possivelmente está relacionada com a quantidade de N adicionado ao solo, bem como a rápida liberação deste elemento ao meio. Port et al. (2003) e Ribas et al. (2010) encontraram relação positiva com quantidade de N aportado ao sistema e valores perdidos via volatilização de N-NH₃. Por

sua vez, Severino et al. (2004) demonstraram que a velocidade de mineralização da torta de mamona, medida pela respiração microbiana, é cerca de seis vezes mais rápida que a de esterco bovino e quatorze vezes mais rápida que o bagaço de cana.

Tabela 4.2 Variáveis do estudo da regressão (Soma de Quadrados – SQ, coeficiente de regressão – r, erro padrão, probabilidade e coeficiente de variação – CV) e função polinomial de 2º grau ajustada para estudo de volatilização de amônia (kg de volatilizado ha⁻¹) dos resíduos de Torta de Mamona; *Crotalaria juncea*; esterco bovino e solo desnudo (controle), nas condições edafoclimáticas da região da Baixada Fluminense no ano agrícola 2011/2012.

Variáveis	Torta de mamona	<i>C. juncea</i>	Esterco bovino	Controle
Variáveis da regressão				
SQ	2513,1087	161,0654	0,0282	7,1701
R	0,6031	0,7785	0,6419	0,9429
Erro padrão	± 7,2274	± 1,2102	± 0,0223	± 0,1183
Probabilidade	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	18,08	19,38	7,73	7,91
Variáveis da função ajustada $y=y_0 + ax + bx^2$				
y_0	-4,3801 ^{ns}	-1,7205*	0,0078 ^{ns}	0,0899*
A	3,7019**	0,6378**	0,0031**	0,0052 ^{ns}
B	-0,0883**	-0,0125**	0,00001 ^{ns}	0,0016**
Probabilidade	0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001
R ²	0,97	0,98	0,99	0,99

^{ns} - não significativo; *, ** - significativos em nível de 5 e 1%, respectivamente, pelo teste “t”.

Outro fator que também influencia a volatilização de amônia, segundo Cantarella (2007), são as características de solo, principalmente aquelas relacionadas com pH, capacidade de troca de cátions, temperatura e o teor de umidade. Este autor ressalta que de modo geral, solos argilosos dificultam a volatilização de amônia, em relação aos arenosos. Como este estudo foi realizado num Planossolo, com baixa CTC e pH de 5,4 num período de elevadas temperaturas e baixa restrição hídrica (uso de irrigação), é provável que estas condições tenham favorecido a volatilização de N-NH₃, quando aportado N no solo em maiores quantidades.

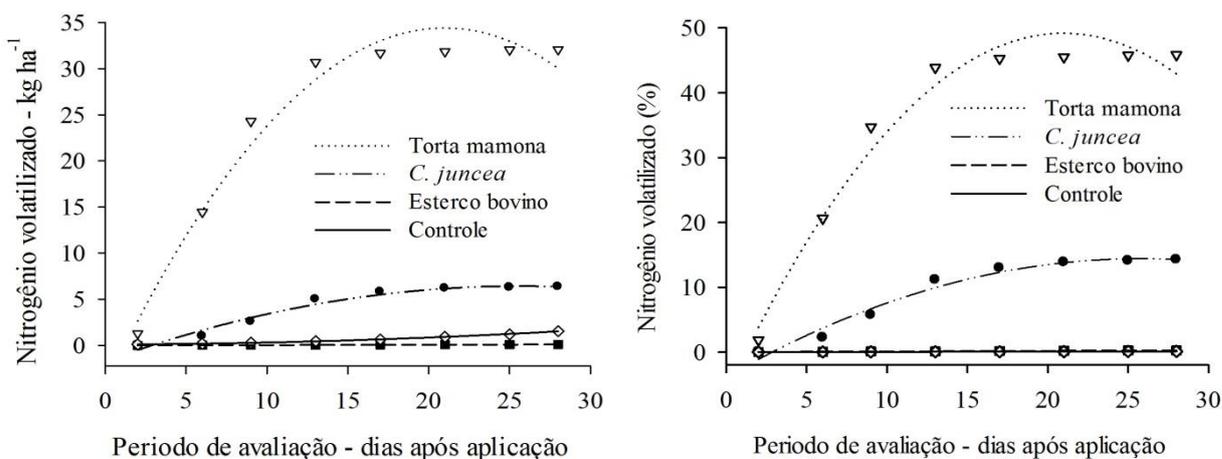


Figura 4.11 - Nitrogênio volatilizado (como N-NH₃) da parte aérea de *Crotalaria juncea* cultivada durante o período de verão e manejada aos 33 dias após sua emergência; torta de mamona (70 kg de N ha⁻¹) aplicada em linha de semeadura do milho, esterco bovino curtido (3 litros por metro linear) e solo desnudo (controle).

Nesta mesma linha de raciocínio, verifica-se uma discrepância para perdas de N, da *C. juncea* em relação a torta de mamona. Para torta de mamona, foi aplicado 70 kg de N ha⁻¹ e o adubo verde adicionou aproximadamente 45 kg de N ha⁻¹, e foram emitidos 45,8 e 14,2% deste N adicionado, respectivamente. Janzen & Mcginna (1991), trabalhando em condições controladas, encontraram taxas de até 14% de perda de N por volatilização em adubos verdes, em apenas 14 dias após a aplicação, o que é a metade do período de avaliação usado para o presente estudo. Esses autores associaram estas variações as diferentes taxas de fluxo de ar, revelando outro fator com significativa contribuição para as taxas de perda deste elemento via volatilização de N-NH₃.

Todavia, Araújo et al. (2005) relataram uma maior capacidade da *C. juncea* na manutenção do N no sistema, em relação a adubação mineral. Também Amado et al. (2002) falam sobre os benefícios dos adubos verdes em aumentar a entrada e manutenção de N no sistema. Entretanto, se mal manejados, os adubos verdes podem incorrer em aumentos nas perdas por volatilização de amônia (RIBAS et al., 2010) ou por lixiviação (AITA et al., 2004).

Estes resultados podem estar relacionados ao exposto por Ribas et al. (2010) no que tange a quantidade de N liberado para o meio, associando a melhor sincronia liberação/absorção dos elementos, como preconizam Aita & Giacomini (2003). Também a menor quantidade de N disponível no solo, tenha proporcionado menor saturação dos sítios de adsorção (CTC), importante para manutenção de nutrientes catiônicos e que, normalmente apresentam-se como um fator restritivo em solos arenosos, como descreve Cantarella (2007).

Contudo, também se lançou mão de uma dose de aproximadamente 50 kg de N ha⁻¹, tendo o esterco bovino como fonte, e notou-se a irrisória de quantia acumulada de 0,084 kg ha⁻¹ de N volatilizado durante o período de avaliação (Figura 4.11), sendo inclusive, estatisticamente menor do que o tratamento controle (1,546 kg ha⁻¹ de N volatilizado). Severino et al. (2004) estudaram a mineralização de esterco durante 33 dias e também encontram baixos níveis de mineralização.

É importante lembrar que o esterco foi aplicado 34 dias antes dos demais resíduos e, desta maneira, os dados podem ter sido subestimados, pois normalmente os picos de emissões se dão nas primeiras semanas após a aplicação (PORT et al., 2003; SANGOI et al., 2003; RIBAS et al., 2010). Também é importante mencionar que o esterco bovino foi incorporado ao solo, o que, segundo Sangoi et al. (2003) e Cantarella. (2007), diminui o potencial de perda de N. Ademais, esse resíduo, além de ter maior carbono disponível para manter imobilizado o N, via ação da microbiota do solo, pode ter colaborado para aumentar a CTC e o efeito tampão do solo, diminuindo assim as perdas (CANTARELLA, 2007).

As emissões para o solo desnudo ou controle, são consideradas baixas, com 1,54 kg de N ha⁻¹. Mas esta emissão é aceitável, pois o solo em questão apresentava aproximadamente 0,075% de nitrogênio. Considerando, que em teoria, a maior parte deste nitrogênio estaria associada aos complexos da matéria orgânica, num estado de equilíbrio dinâmico, teria relativamente pouco N susceptível a perdas por volatilização.

4.4 CONCLUSÕES

Os resíduos de *Crotalaria juncea* apresentaram elevadas taxas de decomposição, independentemente do período de crescimento.

As cinéticas de liberação dos nutrientes apresentaram padrões similares, variando a cinética de liberação e o tempo de meia vida apenas entre os nutrientes. Sendo, o potássio, o magnésio e o nitrogênio os nutrientes mais rapidamente liberados dos resíduos.

O resíduo de torta de mamona apresentou perda acumulada de nitrogênio, via volatilização de amônia, de 45,8% do aplicado, enquanto que para o resíduo de *C. juncea* se observou uma perda de cerca de 14%.

5 CAPÍTULO III

ANALISE DE CUSTOS MONETÁRIOS E BALANÇO APARENTE DE NITROGÊNIO PARA O MILHO EM MONOCULTIVO OU CONSORCIADO COM *Crotalaria juncea*, EM DIFERENTES INTERVALOS DE SEMEADURA, SOB MANEJO ORGÂNICO.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estabelecer uma forma de manejo orgânico do consórcio, entre as culturas de milho e *Crotalaria juncea*, que possibilite otimizar a produção “*in situ*” de biomassa vegetal pelo adubo verde, capaz de fornecer nitrogênio ao milho, com balanço positivo de N, sem que se estabeleça competição interespecífica capaz de comprometer o potencial produtivo do cereal. Foram realizados três experimentos no campo experimental da Embrapa Agrobiologia em Seropédica – RJ, entre os meses de novembro de 2010 e março de 2012. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições (experimentos 1 e 3) ou três repetições (experimento 2). Os tratamentos do experimento 1 foram: T1–*C. juncea* semeada sete dias antes da cultura do milho e manejada aos 33 dias após emergência (33 DAE); T2–*C. juncea* semeada simultânea ao milho (manejo aos 29 DAE); T3–*C. juncea* semeada 14 dias após o milho (manejo aos 102 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T4–*C. juncea* semeada 28 dias após o milho (manejo aos 88 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T5–milho em monocultivo e T6–milho em monocultivo + 70 kg N ha⁻¹. Experimento 2: T1–*C. juncea* semeada sete dias antes da cultura do milho (manejo aos 43 DAE); T2–*C. juncea* semeada simultânea ao milho (manejo aos 37 DAE); T3–*C. juncea* semeada sete dias após o milho (manejo aos 74 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T4–*C. juncea* semeada 14 dias após o milho (manejo aos 67 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T5– milho em monocultivo e T6–milho em monocultivo + 70 kg N ha⁻¹. Nestes dois primeiros ensaios, o nitrogênio em aplicado em cobertura teve como fonte a torta de mamona. Os tratamentos do 3º Experimento consistiram em: T1– *C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila simples com manejo aos 30 DAE e a biomassa da *C. juncea* mantida na área; T2–*C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila simples com manejo aos 30 DAE com remoção da parte aérea de *C. juncea* e aplicação de 70 kg N ha⁻¹ via torta de mamona; T3– milho monocultivo em fila simples; T4 – milho monocultivo em fila simples + 70 kg N ha⁻¹; T5– *C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila dupla com manejo aos 30 DAE e a biomassa da *C. juncea* mantida na área; T6 – *C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila dupla com remoção da parte aérea de *C. juncea* e aplicação de 70 kg N ha⁻¹ via torta de mamona. A *C. juncea* semeada sete dias antes da cultura do milho (T1) no primeiro experimento proporcionou produção de grãos do cereal semelhante ao milho em monocultivo com 70 kg N ha⁻¹ (T6), com reflexos positivos nos balanços de nitrogênio e econômico. Quando cultivada no período outono/inverno (experimento 2), a *C. juncea* apresentou crescimento pouco agressivo. Nessa ocasião a *C. juncea* semeada 14 dias após o milho com manejo aos 67 DAE + 70 kg N ha⁻¹ (T4) não influenciou a produção do cereal, resultando em análise econômica negativa. Contudo, possibilitou balanço positivo para nitrogênio o que demonstra um potencial técnico para ser aperfeiçoado o sistema tornando-o viável economicamente. Nos três ensaios é notória a necessidade de aporte de nitrogênio ao sistema produtivo, vide dados apresentados pelo tratamento de milho em monocultivo sem adubação nitrogenada de cobertura. Os aportes de matéria seca foram satisfatórios, tanto para o milho quanto para a *C. juncea*, dadas as condições edafoclimáticas do presente estudo.

Palavras-chaves: Adubo verde, arranjo populacional, torta de mamona, cultivo simultâneo.

ABSTRACT

This study aimed to establish an organic management form by corn and *Crotalaria juncea* crops intercropping, which allows to optimize production "in situ" of biomass plant by green manure to supply nitrogen for corn, with positive N, without the establishment of interspecific competition that can compromise the potential productive of the cereal. Three experiments were conducted in the experimental field of Embrapa Agrobiologia in Seropédica - RJ, between November 2010 to March 2012. The experimental design was randomized blocks with six treatments and four replications (Experiments 1 and 3) or three replicates (experiment 2). The treatments of experiment 1 were: T1 - *C. juncea* sown seven days before the corn crop and managed at 33 days after emergence (DAE 33), T2 - *C. juncea* simultaneous sown maize (management to 29 DAE), T3 - *C. juncea* sown 14 days corn (management to 102 DAE) + 70 kg ha⁻¹, T4 - *C. juncea* sown 28 days after maize (management to 88 DAE) + 70 kg N ha⁻¹, T5 - corn alone and T6 corn alone + 70 kg N ha⁻¹. Experiment 2: T1 - *C. juncea* sown seven days before the corn (management to 43 DAE), T2 - *C. juncea* simultaneous sown maize (management to 37 DAE), T3 - *C. juncea* sown seven days after corn (management to 74 DAE) + 70 kg N ha⁻¹, T4 - *C. juncea* sown 14 days after maize (management to 67 DAE) + 70 kg N ha⁻¹, T5 - corn alone and T6 - corn alone + 70 kg N ha⁻¹. In these first and second tests, the nitrogen applied in coverage as a source the castor bean pie. Treatments of the Experiment 3 consisted of: T1 - *C. juncea* simultaneous sown to corn in simple row management with 30 DAE and biomass of *C. juncea* maintained in the area; T2 - *C. juncea* simultaneous sown to corn in simple row management with 30 DAE with removal of shoots of *C. juncea* and application of 70 kg N ha⁻¹ from castor bean pie, T3 - corn monoculture in single row; T4 - corn monoculture in simple row + 70 kg N ha⁻¹, T5 - *C. juncea* simultaneous sown to maize in a double row with management 30 DAE and biomass of *C. juncea* maintained on the area; T6 - *C. juncea* simultaneous sown to maize in a double row with removal of shoots of *C. juncea* and application of 70 kg N ha⁻¹ from castor bean pie. The *C. juncea* sown seven days before the corn (T1) in the first experiment gave grain yield of cereal similar to corn alone with 70 kg N ha⁻¹ (T6), with positive effects on the balance of nitrogen and economic. When grown during the autumn/winter (experiment 2), *C. juncea* grew less aggressive. On this occasion the *C. juncea* sown 14 days after maize management at 67 DAE + 70 kg N ha⁻¹ (T4) did not influence the production of grain, resulting in negative economic analysis. However, possible positive nitrogen balance which shows a potential coach to perfect the system making it economically viable. In the three trials is noted need nitrogen input to the production system, see data presented by treating corn alone without nitrogen fertilization. Intakes of dry matter were satisfactory, both for corn as for *C. juncea*, given the environmental conditions of the present study.

Keywords: Green manure, space arrangements of populations, castor bean pie, simultaneous cultivation.

5.1 INTRODUÇÃO

O milho, por sua ampla utilização que vai do consumo *in natura* até diversos fins industriais, tanto para humanos quanto animais, tem uma singular importância econômica e social, para o agronegócio e, principalmente, para a agricultura familiar e isto o torna o principal cereal produzido no Brasil com área plantada de 14,2 milhões de hectares em 2012 (IBGE, 2012). Segundo Fontoura & Bayer, 2009 esta cultura, em algumas regiões do Brasil, tenha potencial produtivo para rendimentos acima de 10 Mg ha⁻¹, a produtividade média nacional e do estado do Rio de Janeiro, para o ano de 2012, foi de 4,721 e 2,118 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Esta baixa produtividade média em relação ao potencial da cultura está relacionada a variabilidade edafoclimáticas brasileira. Além disso, para se obter uma alta produção é necessário dispor de um alto nível tecnológico com massivos *Inputs* (entradas) de insumos externos a propriedade. Isto muitas vezes, acaba onerando o sistema produtivo (AMADO et al., 2002). Um dos principais gargalos na produção vegetal é a disponibilidade de nutrientes, sobretudo o nitrogênio, sendo esse o nutriente, de maneira geral, requerido em maior quantidade pelas culturas (FRANCO & CAMPELLO, 2005). Desta maneira, como a maioria dos produtores rurais, principalmente os pequenos agricultores familiares, não dispõem de condições financeiras para tal investimento, a produtividade média nacional não reflete o potencial produtivo deste cereal.

Para os sistemas orgânicos de produção esta problemática é mais pronunciada, pois para estes sistemas de produção é preconizado o uso N obtido a partir de fontes renováveis, e desta maneira não é permitido o uso de nutrientes sintético de alta solubilidade (BRASIL, 2011). Ademais, a utilização de esterco, que são uma das fontes de N para estes sistemas, pode vir a ser limitada num futuro próximo, pela exigência de que insumo também seja obtido sob manejo orgânico.

Desta maneira, vários autores descartam que nos últimos anos vem crescendo o interesse na utilização de adubos verdes, dentre outros intuitos, para incorporar N a sistemas produtivos (CASTRO et al., 2004; SILVA et al., 2009; LEAL et al., 2012). A adubação verde promove melhorias no solo, reciclam nutrientes e podem incorporar N ao sistema através da Fixação biológica de nitrogênio (FBN), o que a torna uma boa alternativa para proporcionar a redução do uso de composto orgânico e conseqüentemente diminuir os custos de produção (CARVALHO & AMABILE, 2006; DINIZ et al., 2007).

Contudo Pereira et al. (2011) destaca que a prática de adubação verde, apesar das vantagens, tem sido pouco utilizada pelos agricultores, principalmente as espécies de cultivo estival. O não retorno econômico imediato pelo adubo verde, pois esse ocupa o espaço de outra cultura capaz de prover renda, tem sido apontado como uma das principais causas da resistência em adoção de tal prática de manejo. Neste contexto, o uso de sistemas consorciados tem ganhado espaço nas agendas de pesquisa que versam sobre adubação verde. Por outro lado, para buscar o máximo de benefícios para o sistema e evitar que a competição entre os cultivos venha a ser um fator negativo de produção, é necessário a observação de alguns critérios técnicos antes do estabelecimento de um consórcio (PEREIRA et al., 2011).

A utilização de consórcios, além da otimização da área de plantio, pode beneficiar a cultura principal a partir do N fixado via fixação biológica de nitrogênio, seja pela excreção direta de compostos nitrogenados e pela decomposição de nódulos e raízes, ou mais intensamente a partir do corte da parte aérea que irá decompor e liberar nutrientes durante o desenvolvimento da cultura principal (CASTRO et al., 2004).

Por outro lado, Aita et al. (2004) alertam que se deve ajustar a liberação de N a partir dos resíduos vegetais do adubo verde à demanda da cultura principal para evitar perdas de N, já que significativa parte do N incorporado ao sistemas pelos adubos verdes podem ser

perdidos por volatilização de amônia, desnitrificação e/ou lixiviação de nitrato. O balanço de N é obtido pela diferença entre as fontes de entrada e saída, sendo considerado como as fontes de perda de N do sistema, além dos anteriormente comentados, se tem a exportação de N pelos grãos. Como fonte de entrada de N, se podem ter as adubações e o N incorporado via FBN (ALVES et al., 2006).

Neste viés, em sistemas de consórcios busca-se espécies com rápido crescimento inicial, grande capacidade de aporte de biomassa, satisfatória capacidade associativa (FBN), além de ter uma liberação de nutrientes que esteja em sincronia com a demanda da cultura principal. De acordo com os dados de Perin et al. (2006) e Pereira (2007) a *Crotalaria juncea* mostra-se como uma espécie promissora para compor o consórcio com a cultura do milho na região da Baixada Fluminense, no Estado do Rio de Janeiro.

A partir desta compreensão, objetivou-se neste trabalho estabelecer uma forma de manejo orgânico do consórcio, entre as culturas de milho e *Crotalaria juncea*, que possibilite fornecer nitrogênio ao milho, com balanço positivo de N, sem que se estabeleça competição interespecífica capaz de comprometer o potencial produtivo do cereal ao nível de dano econômico.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Caracterização da área experimental

Foram realizados três experimentos no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, município de Seropédica – RJ. A localização geográfica do campo experimental da Embrapa Agrobiologia situa-se entre os paralelos 22° 49' e 22° 45' de latitude (Sul) e os meridianos 43° 23' e 43° 42' de longitude (Oeste), com altitude média de 33 metros, na Baixada Fluminense.

5.2.2 Experimento I

O ensaio foi realizado no período compreendido entre novembro de 2010 e março de 2011, sobre um Argissolo Vermelho-amarelo, série Itaguaí (EMBRAPA, 2006b). As condições de precipitação semanal acumulada e temperaturas médias semanais registradas, pela estação meteorológica do sistema integrado de produção agroecológica da Embrapa Agrobiologia, durante o período do experimento estão apresentadas na figura 5.1.

Previamente à instalação do experimento, foi realizada análise de solo, a qual apresentou os seguintes valores: pH em água 5,3; 8,08 mg dm⁻³ de P e 90,0 mg dm⁻³ de K trocáveis (Mehlich 1); 0,07 cmol_c kg⁻¹ de Al⁺⁺⁺; 2,30 cmol_c kg⁻¹ de Ca e 0,85 cmol_c kg⁻¹ de Mg (extraídos com KCl 1 mol L⁻¹).

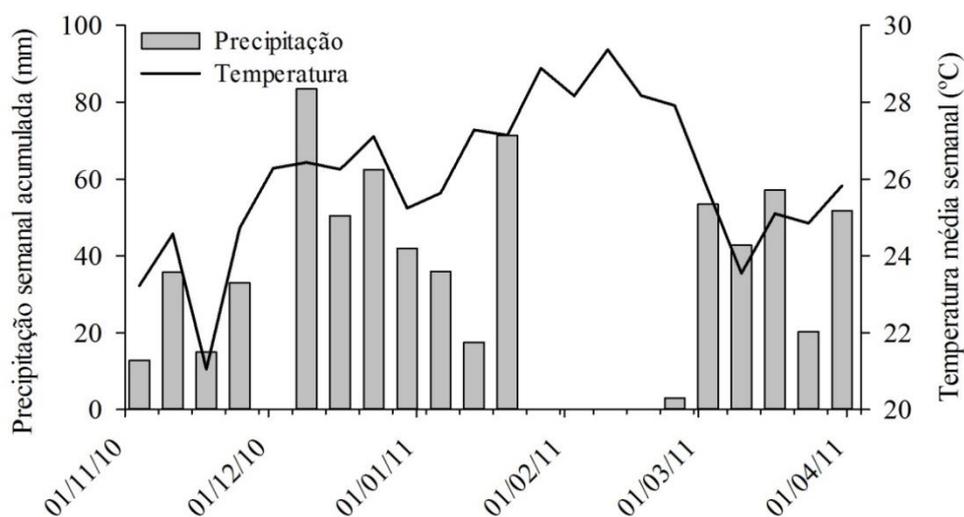


Figura 5.1 – Observações semanais para precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no período de novembro de 2010 a setembro de 2011.

A área foi previamente preparada com uma aração e duas gradagens. Em seguida, com auxílio de um trator equipado com um subsolador, foram abertos sulcos com profundidade média de 15 cm e espaçados um metro entre si. Estes sulcos foram reabertos, com enxada, para que recebessem a adubação de base.

De posse dos dados da análise do solo, e com base nas recomendações do manual de adubação do Estado do Rio de Janeiro (1989), foi feita adubação de base para a cultura do milho, a qual foi aplicada nos sulcos de plantio, imediatamente antes a semeadura dessa cultura, utilizando-se os seguintes fertilizantes: esterco bovino curtido (1,4% de N, 0,5% de P e 0,5% de K); termofosfato (17,5% de P₂O₅ total) e sulfato de potássio (50% de K₂O). Também se fez uso do calcário dolomítico, com o intuito de complementar o fornecimento de cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

Portanto, por metro linear, foram aplicados: 3 L de esterco bovino curtido, 57 g de termofosfato, 8 g de sulfato de potássio e 10 g de calcário dolomítico, o que correspondeu a

50, 100, 40, 28 e 16 kg ha⁻¹, respectivamente para N total, P₂O₅ total, K₂O, Ca e Mg. Depois da aplicação dos fertilizantes, procedeu-se a mistura desses com o solo.

O procedimento de semeadura, independente da época, foi igual para todos os tratamentos. Para o milho, foram utilizadas sementes da cultivar híbrida AG 1051. Para a semeadura da cultura do milho (16/11/2013) foram utilizados os sulcos previamente abertos e adubados. Nestes sulcos, foram semeadas 10 sementes por metro linear, acomodadas de forma pareada a cada 20 cm de distância. Transcorridos 10 dias da emergência das plantas, foi efetuado o raleio, onde se deixou apenas uma planta a cada 20 cm, obtendo uma população de 50 mil plantas ha⁻¹.

A *C. juncea* foi semeada nas entre linhas do milho e em quatro datas distintas: 09, 16 e 30/11 e 14/12/2011. As sementes foram previamente inoculadas com *Bradyrhizobium* spp, e distribuídas em torno de 42 sementes por metro linear. As linhas de semeadura da *C. juncea* estavam distanciadas a 40 cm do sulco reservado à cultura do milho e 20 cm entre si. Assim como para o milho, 10 dias após a emergência das plantas executou-se o raleio, deixando 30 plantas por metro linear, obtendo-se população de 600 mil plantas ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Sendo os tratamentos: T1–*C. juncea* semeada sete dias antes da cultura do milho e manejada aos 33 dias após emergência (33 DAE); T2–*C. juncea* semeada simultânea ao milho (manejo aos 29 DAE); T3–*C. juncea* semeada 14 dias após o milho (manejo aos 102 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T4–*C. juncea* semeada 28 dias após o milho (manejo aos 88 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T5–milho em monocultivo e T6–milho em monocultivo + 70 kg N ha⁻¹. A aplicação de N foi efetuada 31 DAE do milho, com adição de 70 kg de N ha⁻¹ via torta de mamona, em superfície, na linha de semeadura do milho.

Já T1 e T2 receberam a fitomassa aérea de *C. juncea* como fonte de nitrogênio. As quais foram mantidas no consórcio o maior tempo possível, visto que quanto maior a biomassa acumulada pela fabaceae, maior à quantidade de nitrogênio acumulado e potencialmente disponível à poaceae (GAVA et al., 2010). Desta maneira, assim que se identificou a competição, em T1 e T2, o adubo verde foi manejado.

Assim, imediatamente antes do manejo do adubo verde foi feito a contagem de plantas. Em todas as unidades experimentais foram averiguadas o número de plantas em seis pontos aleatórios com um metro linear cada. Também em cada parcela, foram coletadas amostras de plantas em seis pontos de 0,5 metros lineares cada, para que se verificasse a produção de fitomassa aérea em cada tratamento.

Assim como nos dois tratamentos anteriores, em T3 e T4, também foi feito o levantamento da população e a produção de fitomassa. Entretanto, estas avaliações ocorreram quando as culturas estavam em pleno florescimento.

Para estudos de acúmulo de N, foram retiradas amostras de plantas de milho coletadas aos 10; 16; 22; 25; 29; 39; 53 e 67 DAE.

Estas amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçado, a 65 °C durante 72 horas. Passada esta etapa, foi retirada uma amostragem representativa do material e submetida ao processo de moagem em moinho de faca tipo Willey até que passasse por uma peneira de dois mm. Em seguida, o material foi enviado para laboratório para análise do teor de N.

Para avaliações da população e produção de matéria seca do milho, quando o milho atingiu o estado farináceo dos grãos foram contadas as plantas em 6 pontos aleatórios com 1 metro cada. Em cada ponto foi colhida a planta que melhor representava a população. Desta maneira, 6 plantas foram levadas ao laboratório, onde foram separadas em folha e colmo e estruturas reprodutivas, levadas a secar assim como procedera para *C. juncea*, sendo apenas as duas primeiras porções consideradas para produção de biomassa vegetal.

Transcorridos 121 DAE de milho, foi realizada a coleta para avaliações da produção de grãos de milho. Desconsideradas bordas de 0,5 m, cada parcela contou com uma área útil

de 12 m² para análise desta variável. Após coletadas, as espigas foram debulhadas, ajustadas à 13% de umidade e população de 50 mil plantas ha⁻¹. Em sequência, uma amostra foi seca da mesma maneira que procedido para a fitomassa seca da parte aera.

Assim como procedido para a matéria seca da parte aérea, para os grãos, fora utilizado o método Kjeldahl, segundo Nogueira & Souza (2005).

5.2.3 Experimento II

Este ensaio foi realizado entre os meses de abril a setembro de 2011, no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, sobre um Planossolo Háplico, série Ecologia (EMBRAPA, 2006b). As condições de precipitação semanal acumulada e temperaturas médias semanais registradas, pela estação meteorológica do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), durante o período do experimento estão apresentadas na figura 5.3.

Previamente a instalação do experimento, foi realizada análise de solo, a qual apresentou os seguintes valores: pH em água 5,5; 7,56 mg dm⁻³ de P e 36,5 mg dm⁻³ de K (Mehlich 1); 2,49 cmol_c kg⁻¹ de Al⁺⁺⁺; 1,09 cmol_c kg⁻¹ de Ca e 0,39 cmol_c kg⁻¹ de Mg (extraídos com KCl 1 mol L⁻¹).

O preparo da área, as espécies utilizadas, as cultivares e o procedimento de semeaduras das culturas, capinas e sistema de irrigação foram idênticos aos utilizados no primeiro experimento. Apenas a quantidade de esterco bovino curtido aplicado diferiu. No primeiro ensaio foi aplicado 3 L litros por metro linear e neste estudo foi aplicado 2 L por metro linear. Desta maneira, foram adicionados 38, 100, 40, 28 e 16 kg ha⁻¹, respectivamente para N_{total}, P₂O₅, K₂O, Ca e Mg. Também foi adicionado um grama de FTE BR 12 por metro linear, o qual é uma fonte de micronutrientes.

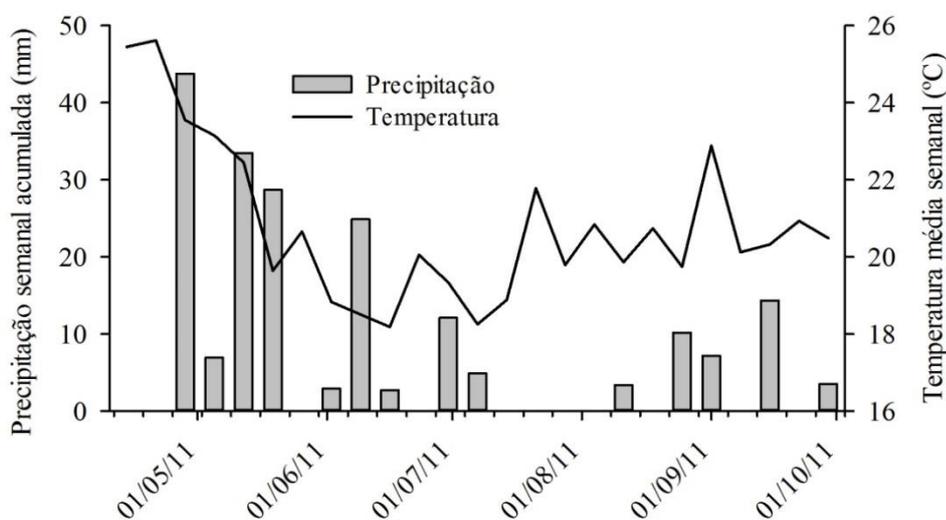


Figura 5.2 – Observações semanais para precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no período de abril a setembro de 2011.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições. Baseado em observações feitas no primeiro experimento e das informações levantadas por Pereira (2007), que aferem as influências do fotoperíodo sobre a *C. juncea*, foram modificados os intervalos de semeadura da *C. juncea* em relação ao primeiro estudo. A cultura do milho foi semeada na mesma data (14/04/2011) para todos os tratamentos. Já o adubo verde, foi semeado nos dias 7, 14, 21 e 28/04/2011, compondo assim os seguintes tratamentos: T1–*C. juncea* semeada sete dias antes da cultura do milho (manejo aos 43 DAE); T2–*C. juncea* semeada simultânea ao milho (manejo aos 37 DAE); T3–*C.*

juncea semeada sete dias após o milho (manejo aos 74 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T4–*C. juncea* semeada 14 dias após o milho (manejo aos 67 DAE) + 70 kg N ha⁻¹; T5- milho em monocultivo e T6–milho em monocultivo + 70 kg N ha⁻¹.

A adubação nitrogenada de cobertura foi efetuada 35 DAE do milho, e teve como fonte a torta de mamona. A qual foi aplicada na linha de semeadura do milho, O milho em T1 e T2 recebeu a fitomassa aérea de *C. juncea* como fonte de N.

Para estudos de absorção e acúmulo de N, foram retiradas amostras de plantas de milhos coletadas aos 19; 25; 32; 46; 60 e 82 DAE.

Os procedimentos adotados para avaliações de população e produção de fitomassa do milho e do adubo verde foram similares aos executados no primeiro experimento. Entretanto, devido ao severo ataque de oídio (*Erysiphe cichoraceum*) que comprometeu o crescimento da *C. juncea*, as avaliações finais foram antecipadas (para T3 e T4). Danos provocados per esta moléstia também foi relatado por Timossi et al. (2011). Também para avaliações relativas a produção e o teor de N nos grãos de milho foram similares aos métodos adotados no ensaio anterior, sendo a colheita das espigas realizada 130 DAE do cereal.

5.2.4 Experimento III

Este estudo foi realizado entre os meses de novembro de 2011 a março de 2012, no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, sobre um Planossolo Háplico, Ecologia (EMBRAPA, 2006b). As condições de precipitação semanal acumulada e temperaturas médias semanais registradas, pela estação meteorológica do SIPA, durante o período do experimento estão apresentadas na figura 5.4.

Assim como nos ensaios anteriores, previamente a instalação do experimento, foi realizada análise de solo, a qual apresentou os seguintes valores: pH em água, 5,4; 7,73 mg dm⁻³ de P e 34,1 mg dm⁻³ de K (Mehlich 1); 1,89 cmol_c kg⁻¹ de Al⁺⁺⁺; 1,20 cmol_c kg⁻¹ de Ca e 0,44 cmol_c kg⁻¹ de Mg (extraídos com KCl 1 mol L⁻¹).

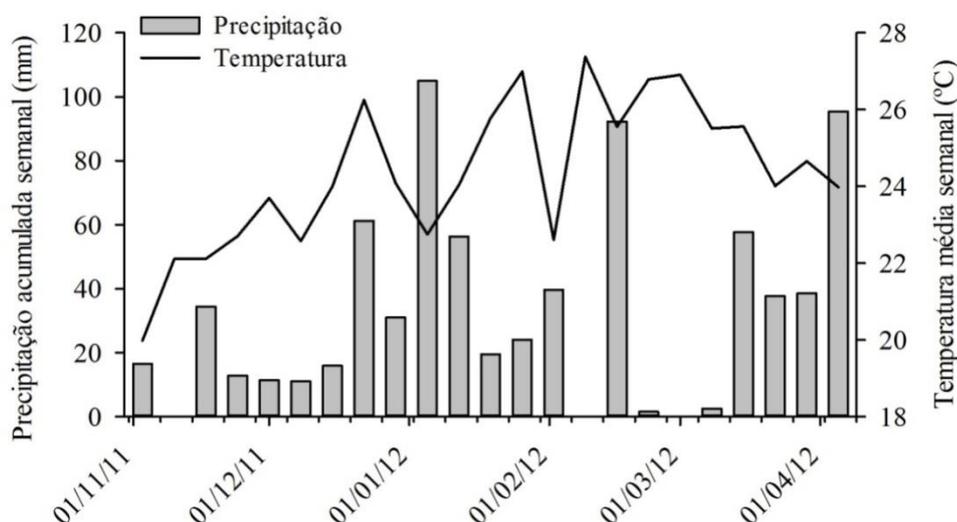


Figura 5.3 – Observações semanais para precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) no campo experimental da Embrapa Agrobiologia, no período de novembro de 2011 a março de 2012.

O preparo da área, as espécies, as cultivares e o procedimento de semeadura das culturas, as capinas e o sistema de irrigação foram idênticos aos utilizados no segundo experimento. Entretanto, neste estudo a semeadura do milho e da *C. juncea* foram feitas na mesma data (24/11/2011). Além disso, outro aspecto que diferiu dos demais experimentos foi o teste de dois arranjos populacionais em sistemas de consórcios. No sistema de fileiras

simples, também adotado no primeiro e no segundo ensaio, as linhas de semeadura do milho foram distanciadas um metro entre si. Já para o sistema de fileiras duplas, foram semeadas linhas pareadas de milho distanciadas 0,5 m entre si e, entre estas filas duplas, adotou-se um espaçamento de 1,5 metros.

Para *C. juncea*, quando cultivada no sistema de fileiras duplas, abriram-se quatro sulcos (2 – 3 cm de profundidade) somente nos intervalos entre as fileiras duplas do milho, sendo esses distanciados a 35 cm do sulco reservado à cultura do milho e 20 cm entre si.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis tratamentos e quatro repetições, organizados da seguinte maneira: T1- *C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila simples com manejo aos 30 DAE e a biomassa da *C. juncea* mantida na área; T2-*C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila simples com manejo aos 30 DAE com remoção da parte aérea de *C. juncea* e aplicação de 70 kg N ha⁻¹ via torta de mamona; T3- milho monocultivo em fila simples; T4 – milho monocultivo em fila simples + 70 kg N ha⁻¹; T5- *C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila dupla com manejo aos 30 DAE e a biomassa da *C. juncea* mantida na área; T6 – *C. juncea* semeada simultânea ao milho em fila dupla com remoção da parte aérea de *C. juncea* e aplicação de 70 kg N ha⁻¹ via torta de mamona.

Os procedimentos adotados para as avaliações de população e produção de fitomassa de *C. juncea* foram similares aos executados nos demais estudos. Também para produção de milho grão adotaram-se os mesmos procedimentos, que se realizou 122 DAE.

5.2.5 Análises monetárias e balanço aparente de nitrogênio

Para análises monetárias usou-se o preço médio dos insumos utilizados e do kg de milho pago ao produtor rural para o mês de setembro de 2013, acrescido de 30% sobre esse, seguindo os parâmetros utilizados para produtos oriundos de manejo orgânico e comercializados no Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) do governo federal. Para tanto, os dados foram coletados junto empresas estabelecidas no CEASA do Rio de Janeiro. Para análises do balanço aparente de N, como fonte de entrada de N foram utilizados os dados relativos à aplicação de fertilizante e do N presente na matéria seca da *C. juncea*. Já para contabilizar as fontes de saída de N, foi considerado o N exportado pelos grãos (corrigidos para 13% de umidade) e também o N perdido via volatilização de amônia (N-NH₃) expostos no capítulo segundo desta tese e como entrada.

5.2.6 Análises estatísticas

Os dados, dos três experimentos, foram submetidos aos testes de normalidade e homogeneidade dos erros. Em seguida, foram levados a análise de variância e testes de médias LSD ao nível de 10% de significância, para produção de grãos de milho e, ao teste de Tukey ao nível de 5% de significância para análises de balanço de N. Todas as análises foram feitas com auxílio do programa estatístico Sisvar 5.3 (Ferreira, 2011).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quando analisada a produção de grãos de milho, encontraram-se diferenças estatísticas significativas apenas para o primeiro experimento (Tabela 5.1), realizado no período de primavera/verão de 2010/11, com maiores valores encontrados para o milho cultivado em monocultivo, recebendo N em cobertura via torta de mamona, e quando a *Crotalaria juncea* foi semeada simultâneo ao milho e manejada 29 DAE (Tabela 5.2). Estes dados corroboram com Pereira et al. (2011), os quais trabalhando com o mesmo híbrido deste estudo (AG 1051) consorciado simultaneamente com *C. juncea*, fizeram uma intervenção no crescimento da *C. juncea* quando o milho estava com a 8ª folha expandida e não observaram interferências na produção do cereal.

Tabela 5.1- Análise de variância resumida com graus de liberdade (GL) e quadrado médio (QM) para as fontes de variação (FV): tratamentos (Trat.), erro e coeficiente de variação (CV-%) para as variáveis: produção de grãos de milho, matéria seca da parte aérea de milho, *Crotalaria juncea* (CJ) e total (milho + CJ) de 3 experimentos relativos ao cultivo de milho consorciado ou não com *C. juncea* sob diferentes intervalos de semeadura, nas condições climáticas da Baixada Fluminense entre novembro de 2010 e março de 2012.

FV	-----Grão -----		-----Matéria seca da parte aérea -----					
	GL	QM _{grãos}	GL	QM _{Milho}	GL	QM _{CJ}	GL	QM _{Total}
1º Experimento (novembro 2010 a março de 2011)								
Trat.	5	5775249**	5	3653390*	3	3339333**	5	3140491***
Erro	15	1874462	15	820530	9	534851	15	2248020
CV		39,70		17,48		22,40		20,05
2º Experimento (abril a setembro de 2011)								
Trat.	5	3319646 ^{ns}	5	889221*	3	457139 ^{ns}	5	5651184**
Erro	10	669094	10	1922126	6	728681	10	616591
CV		33,93		11,96		23,28		14,89
3º Experimento (novembro 2011 a março 2012)								
Trat.	5	8560 ^{ns}	5	1191823***	3	279570 ^{ns}	5	1166934***
Erro	15	56248	15	90092	9	377619	15	79861
CV		12,68		6,44		23,39		5,59

*, **, *** Significativo aos níveis de 5, 1 e 0,1% pelo teste F. ns – não significativo.

Heinrichs et al. (2005) estudando milho consorciado com 4 diferentes espécies de adubos verdes, dentre elas a *C. spectabilis*, em dois diferentes intervalos de semeadura, constataram que a presença do adubo verde não influenciou a produção do milho, mesmo quando semeado simultaneamente. Gitti et al. (2012), relataram que quando semeado simultaneamente com a *C. juncea* o milho teve sua produção comprometida. Entretanto, esses autores também observaram que quando a *C. juncea* fora semeada posteriormente ao milho não influenciou na produção do cereal, assim como o consórcio de milho e *C. spectabilis*, para todos os intervalos de semeadura, não influenciou a produção de grãos do cereal.

Por outro lado, Pereira et al. (2011) observaram que quando a *C. juncea* fora mantido no sistema produtivo durante todo o ciclo do cereal não houve diferenças na produção de grãos de milho quando cultivado em monocultivo e em consórcio.

Tabela 5.2 - Produção de grãos (kg ha^{-1}) e de matéria seca da parte aérea (MS) de milho (M), *Crotalaria juncea* (CJ) e total (M + CJ) expressos em kg ha^{-1} , para milho em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ sob diferentes intervalos de semeadura e manejadas com diferentes períodos de crescimento de CJ, expressos em dias após a emergência (DAE). Com tratamentos recebendo adubação nitrogenada ($70 \text{ kg de N ha}^{-1}$) via torta de mamona (TM), nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2010/11.

Tratamentos	Grãos	MS M	MS CJ	MS Total
	----- kg ha^{-1} -----			
CJ antecedendo M 7 dias (33 DAE)	2657,5b	4768,9ab	1858,7b	6627,6b
CJ simultâneo M (29 DAE)	4372,6a	5308,7ab	1830,0b	7138,7b
CJ sucedendo M 14 dias (102 DAE) + TM	2355,7b	3922,8b	9116,0a	13038,8a
CJ sucedendo M 28 dias (88 DAE) + TM	3017,1b	4937,1ab	988,4b	5925,5b
M mono	2716,8b	5318,1ab	--	5318,1b
M mono + TM	4443,8a	6830,0a	--	6830,0b

Letras diferem médias na coluna pelos testes LSD (grãos) e Tukey (demais variáveis) ao nível de 10 e 5% de significância, respectivamente.

No presente estudo, quando o consórcio foi estabelecido no período de verão e o adubo verde foi semeado 14 dias sucedendo a semeadura do milho (T3 – experimento I), observou-se queda no rendimento do cereal na ordem de 47% em relação ao monocultivo que recebeu adubação nitrogenada de cobertura (Tabela 5.2). Provavelmente, estes resultados estejam atrelados à possível competição hídrica estabelecida entre os cultivos na fase de enchimento de grãos (Figuras 5.1), embora tenha se utilizado de sistema de irrigação, mas as lâminas de água aplicadas podem ter sido insuficientes. Estes dados não concordam com Gitti et al. (2012), os quais não observaram diferenças entre o monocultivo e o consórcio em que *C. juncea* foi semeada 18 dias após a semeadura do milho.

Baseado nos dados obtidos por Heinrichs et al. (2005) e Gitti et al. (2012), esperava-se que o tratamento onde a *C. juncea* que fora semeada 28 dias após o milho (T4 – experimento I) o milho apresentasse uma produção equivalente ao tratamento onde o cereal foi cultivado em monocultivo + 70 kg ha^{-1} de N em cobertura (T6). Entretanto, os valores obtidos mostram diferença estatisticamente significativa da produção com redução de aproximadamente 32% em relação ao milho monocultivo + N. Mesmo tendo seu potencial de crescimento e produção de biomassa totalmente comprometido (Tabela 5.2), a *C. juncea*, assim como no tratamento em que foi semeada 14 dias após o milho, pode ter exercido competição hídrica na fase de enchimento de grãos. Dalla Chieza et al. (2009) também encontraram efeito adverso de espécies de adubos verdes semeados simultânea ao milho, quando cultivados em situações de restrição hídrica.

No segundo ensaio, a presença do adubo verde não influenciou a produção do cereal (Tabelas 5.1 e 5.2), mesmo quando semeado 7 dias antes do cultivo, diferindo do comportamento observado no primeiro experimento. Também é discrepante, entre os dois estudos, o efeito da *C. juncea* quando semeada 14 dias após o milho. Quando cultivada no período de primavera-verão (ano agrícola 2010/11), o presença do adubo verde comprometeu a produção do cereal, enquanto que o consórcio no período de outono-inverno proveu benefícios ao milho, apresentando, inclusive, produção numericamente superior.

Provavelmente estas nuances de efeito sobre a produção estejam relacionadas ao crescimento do adubo verde. Pereira (2007) avaliou o crescimento e desenvolvimento de cinco espécies do gênero *Crotalaria* na Baixada Fluminense. Este autor comenta que as condições climáticas no período outono/inverno são menos favoráveis ao crescimento da *C. juncea*, além disso, essa espécie responde ao fotoperíodo. Este somatório de fatores faz

diminuir o período vegetativo e a capacidade de acúmulo de biomassa por parte desta espécie, atenuando sua capacidade competitiva.

Perin et al. (2007) estudaram o consórcio de milho com feijão de porco em duas épocas de cultivo e obtiveram maiores valores para cultivo na primavera/verão. Dados esses que corroboram com Farinelli et al. (2003) e são explicados por Durães et al. (1995), os quais estudaram os fatores ecofisiológicos que afetam a produção de milho, e consideraram as condições de outono/inverno subtótimas para o desenvolvimento do cereal em relação ao período primavera/verão. Também para o presente trabalho observou-se esta diferença de produção entre os períodos de cultivo (Tabelas 5.2 e 5.3), corroborando com esses autores.

Tabela 5.3– Produção de grãos (kg ha^{-1}) e de matéria seca da parte aérea (MS) de milho (M), *Crotalaria juncea* (CJ) e total (M + CJ) expressos em kg ha^{-1} , para milho em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ sob diferentes intervalos de semeadura e manejadas com diferentes períodos de crescimento de CJ, expressos em dias após a emergência (DAE), com tratamentos recebendo adubação nitrogenada ($70 \text{ kg de N ha}^{-1}$) via torta de mamona (TM), nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2011.

Tratamentos	Grãos	MS M	MS CJ	MS Total
CJ antecedendo M 7 dias (43 DAE)	3852,6ns	3128,1b	2766,4ab	5894,5ab
CJ simultâneo M (37 DAE)	3529,0	3073,4b	1793,6ab	4857,0bc
CJ sucedendo M 7 dias (74 DAE) + TM	3248,7	3612,5ab	3722,4a	7334,9a
CJ sucedendo M 14 dias (67 DAE) + TM	4270,2	4519,1a	1371,8b	5890,9ab
M mono	3291,7	3998,9ab	--	3998,9bc
M mono + TM	3835,7	3659,8ab	--	3659,8c

Letras diferem médias na coluna pelos testes LSD (grãos) e Tukey (demais variáveis) ao nível de 10 e 5% de significância, respectivamente. ns – não significativo aos níveis testados.

Mesmo sendo cultivado no período de primavera/verão e sob o mesmo tipo de solo, em área adjacente ao segundo ensaio, o terceiro experimento apresentou menores valores para produção de grãos do que o trabalho conduzido no período de outono/inverno (Tabela 5.4). Um fator a ser considerado neste último estudo é a ocorrência de uma tempestade com fortes ventos que danificaram boa parte das folhas do milho, ainda em estágio de grão leitoso, o que diminui o aparato fotossintético e, por consequência, diminuiu a capacidade produtiva da cultura.

Todavia, os dados da análise de variância (Tabela 5.1) apontam que a tempestade vivenciada neste último experimento foi um fator que atingiu a todos os tratamentos homogeneamente. Assim, é possível afirmar que os dados obtidos corroboraram com os observados no primeiro experimento (Tabela 5.2), no qual o cultivo simultâneo entre milho e *C. juncea*, com manejo do adubo verde 29 dias após a emergência, não influenciou a produção do cereal. Também o sistema de semeadura em fileiras duplas não diferiu do tratamento em monocultivo. Estes resultados corroboram com Pereira Filho et al. (2000), que testaram 3 híbridos de milho consorciado com feijão em diferentes arranjos e populações e não detectaram diferenças significativas para produção de milho em sistemas de fileiras simples e duplas. Por outro lado, divergem de Costa & Silva (2008), que estudando consórcio de milho (AG 1051) com feijão em diferentes arranjos, observaram que em sistema de fileiras duplas houve redução significativa na produção do grão de milho em relação ao monocultivo, já para o consórcio em fileiras simples a produção alcançou resultados intermediários, que não diferiram do monocultivo e do arranjo em fileiras duplas.

Tabela 5.4 – Produção de grãos (kg ha^{-1}) e de matéria seca da parte aérea (MS) de milho (M), *Crotalaria juncea* (CJ) e total (M + CJ) expressos em kg ha^{-1} , para milho em sistema de fileiras simples ou duplas, cultivado em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ manejada 30 dias após a emergência. Com tratamentos recebendo adubação nitrogenada ($70 \text{ kg de N ha}^{-1}$) via torta de mamona (TM). Nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2011/12.

Tratamentos	Grãos	MS M	MS CJ	MS Total
CJ + M _{Simple}	2523,7 ns	3181,1 d	1918,8 ns	5099,9 ab
CJ + M _{Simple} + TM	2783,2	3529,0 cd	1823,5	5325,5 a
CJ + M _{Dupla}	2276,2	3414,9 cd	1899,9	5314,8 a
CJ + M _{Dupla} + TM	2553,0	3859,0 bc	1838,7	5697,7 a
M _{Simple} mono	2465,4	4206,0 ab	--	4206,0 c
M _{Simple} mono + TM	3030,2	4646,7 a	--	4646,7 bc

Letras diferem médias na coluna pelos testes LSD (grãos) e Tukey (demais variáveis) ao nível de 10 e 5% de significância, respectivamente. ns – não significativo aos níveis testados.

Os dados dos dois últimos ensaios não mostraram os efeitos da adubação de cobertura com nitrogênio. Provavelmente no segundo experimento, os graus de liberdade do erro, associado ao elevado coeficiente de variação, podem ter conduzido a um elevado quadrado médio do erro, que aumenta as chances de aceitar a hipótese nula (Tabela 5.1). Já para o terceiro experimento, a incidência de ventos fortes causou destruição de folhas, desta maneira pode ter comprometido o potencial produtivo do milho para todos os cultivos, passando a ser um fator mais importante para a variável grão do que a demanda por nitrogênio.

Os dados relativos à produção de grãos no primeiro experimento, mostram um desempenho produtivo relativamente positivo, o que encorpa a hipótese de potencial fornecimento de N a partir dos resíduos culturais da *C. juncea*. No tratamento em que o adubo verde foi semeado simultaneamente ao milho e manejado 29 dias após emergência, obteve-se produção de grãos superior ao monocultivo sem adição de N em cobertura e igual produção de grãos do tratamento em monocultivo onde foi aplicado 70 kg ha^{-1} de N, via torta de mamona. Embora a maioria dos estudos esteja voltada para uso de adubos verdes em pré-cultivo dos cultivos (BALKCOM & REEVES, 1995; AMADO et al., 2002; NUNES et al., 2011), trabalhos tem mostrado sinergismo entre liberação e demanda, postando espécies de adubos verdes como potenciais fonte de N, tanto para olerícolas (RIBAS et al., 2002; CASTRO et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2008) como para grandes culturas PERIN et al., 2006; AMBROSANO et al., 2009).

Pereira et al. (2011) não observaram maiores produções de grãos de milho quando a *C. juncea* foi cortada quando milho estava com a 8ª folha expandida. Contudo, estes autores consideraram que o aproveitamento de nutrientes dos adubos verdes pelo milho está mais relacionado à época de corte dos mesmos, do que o ciclo de cultivar do milho.

Nos três estudos houve diferenças estatísticas significativas (Tabela 5.1) para produção de matéria seca da parte aérea do milho. O milho apresentou maiores valores de fitomassa quando cultivado em monocultivo. A presença da *C. juncea* influenciou, com efeitos contrastantes, a produção de matéria seca aérea do milho nos 3 experimentos.

No primeiro ensaio, quando *C. juncea* foi semeada 14 dias após a semeadura do milho e mantida do sistema, observaram-se os menores valores para matéria seca da parte aérea do milho, assim como os maiores valores para o adubo verde, o que culminou na maior produção de matéria seca total. Já para os demais consórcios, observaram-se valores intermediários para matéria seca da parte aérea do milho e os menores valores para *C. juncea*, levando aos menores aportes totais para de matéria seca da parte aérea (Tabela 5.2).

Quando os cultivos foram estabelecidos no período outono/inverno, as menores produções de fitomassa de milho, e valores intermediários desta variável para o adubo verde, foram observadas nos tratamentos onde o consórcio se estabeleceu com a semeadura prévia do adubo verde ou simultaneamente à semeadura do milho. Por outro lado, a semeadura de *C. juncea* sucedendo 14 dias o milho proporcionou a maior produção de matéria seca para o cereal e a menor para o adubo verde. Contudo, valor intermediário para biomassa de milho e maior produção de fitomassa de *C. juncea* obtidos no consórcio em que o adubo verde foi semeado sucedendo 7 dias a semeadura do milho proporcionou a maior produção total de matéria seca da parte aérea (Tabela 5.3).

Para o terceiro experimento, a presença do adubo verde, levou aos menores valores de matéria seca para o milho. Por outro lado, a contribuição da fitomassa de *C. juncea*, que não diferiu entre os tratamentos, foi fundamental para obtenção dos maiores valores de biomassa total para os sistemas (Tabela 5.4).

Gitti et al. (2012) não observaram influência da *C. juncea* na produção de matéria seca da parte aérea do milho entre os consórcios estudados, o que difere dos dados obtidos neste estudo. Por outro lado, os dados deste estudo corroboram com os mesmos autores, no que tange a influência do cereal sobre a produção de biomassa do adubo verde, pois a medida que aumentaram o intervalo de semeadura da *C. juncea* sucedendo o milho, obtiveram os menores valores de matéria seca para o adubo verde.

Heinrichs et al. (2005) também observaram que quando o milho e as espécies de adubo verde foram semeadas simultaneamente não acarretaram em menor produção de matéria seca de milho em relação a semeadura dessas 30 dias após o cereal. Contudo, estes mesmos autores obtiveram menores valores de fitomassa seca da parte aérea de espécies de adubos verdes semeadas 30 dias após o milho.

Uma das principais formas de perda de N do sistema é através da exportação deste elemento pelos grãos. Foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos testados, apenas para o primeiro dos 3 experimentos, nos quais foram encontrados valores de exportação de N relativamente baixos (Tabelas 5.5 a 5.7), se comparados aos valores alcançados por Alves et al. (2006) e Gava et al. (2010). Estas discrepâncias estão atreladas aos diferenciais de produção de cada estudo. Embora Gava et al. (2010) também dispunham de um tratamento testemunha, com zero adição de N, a condição de fertilidade do solo desses autores eram superiores a do presente estudo, o que proporcionou uma diferenciada produtividade.

Observa-se um balanço positivo de N nos 3 experimentos, a exceção dos tratamentos onde o milho foi cultivado em monocultivo e sem adubação nitrogenada de cobertura, seja via torta de mamona ou *C. juncea*, nos dois últimos ensaios (Tabelas 5.5 a 5.7). Estes dados são diferentes dos obtidos por Alves et al. (2006), os quais obtiveram balanço negativo para sistemas com milho e algodão.

Contudo, os dados apresentados trazem uma superestimação no balanço de N, pois foram contabilizadas as perdas por volatilização de amônia apenas por um período de 28 dias, ao passo que parte significativa dos resíduos da torta de mamona, do adubo verde, do esterco bovino e mesmo do solo desnudo (controle) permaneceram emitindo por um maior período. Também as perdas de N-NH₃ para o primeiro e o segundo experimento são estimativas a partir do percentual emitido, medido no 3º ensaio. Outro aspecto não observado neste estudo, foi a quantificação da fixação biológica de nitrogênio (FBN), que varia em função das espécies utilizadas e das condições de clima e solo (ESPÍNDOLA et al., 1997), o que conduz a obtenção de discrepantes valores, inclusive para a mesma espécie

A literatura relata valores, que variam de 53, 57, 93% para N presente na biomassa de *C. juncea* proveniente da atmosfera, por Castro et al. (2004), Perin et al. (2006) e Pereira (2007), respectivamente. Devido às condições edafoclimáticas dos ensaios, pode-se

considerar para este estudo, um valor de FBN próximo ao encontrados por Pereira (2007), uma vez que alguns de seus experimentos foram realizados na mesma região do presente estudo. Desta forma, considerando que 90% do aporte de N pelo adubo verde seja proveniente da FBN, o balanço de N para os sistemas com a presença do adubo verde ainda seriam positivos. Alves et al. (2004), estudando o balanço de nutrientes em sistemas olerícolas orgânicos, com a presença ou ausência de biomassa de guandu (*Cajanus cajan*), obtiveram um balanço positivo de N na presença do adubo verde.

Por outro lado, assim como Castro et al. (2004), se considerarmos somente as entradas provenientes da FBN, desconsiderando inclusive as entradas via fertilizantes, obter-se-á um balanço negativo de N para as situações, nos 3 ensaios, onde se buscou o suprimento deste elemento através do manejo da biomassa da *C. juncea*. Esta condição também é decorrente do N perdido via volatilização de N-NH₃. Segundo Janzen & Mcginna (1991) e Sangoi et al. (2003), estas perdas podem ser atenuadas incorporando a biomassa do adubo verde. De qualquer maneira, para a situação proposta, o esterco bovino assume importante papel em mais este fator, contribuindo para o balanço positivo de N.

Os dados obtidos no presente estudo, juntamente com a literatura (CASTRO et al., 2004; ALVES et al., 2004; ALVES et al., 2006) mostram que é possível obter balanços positivos de nitrogênio em sistemas de produção com sistemas de entrada de N via adubação verde/FBN, corroborando com Crews & Peoples (2004), que dizem que muitos países tem potencial de produzir alimentos sem a necessidade do uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos, fazendo uso somente da fixação biológica de nitrogênio via adubos verdes. Contudo, estes balanços positivos dependem da capacidade de produção de fitomassa da espécie de adubo verde, da eficiência desses em associações para FBN e em manejos que visem minimizar as perdas de N. Além disso, os maiores benefícios são obtidos em longo prazo (AMADO et al., 2002; HEINRICHS et al., 2005).

A tabela 5.8 traz as avaliações econômicas para os três experimentos conduzidos. De maneira geral, observam-se valores negativos para alguns sistemas estudados, em especial no 3º experimento. Porém, para este último ensaio é conveniente ressaltar que para os tratamentos onde os resíduos de *C. juncea* foram retirados da área, fora embutido custos com sementes do adubo verde além do milho estar em regime de consórcio, onde pode ter havido competição interespecífica, e isto fez com que fosse superestimado os custos. Portanto, não é adequado fazer uma análise dos custos monetários de forma a compará-los com os demais tratamentos.

Todavia, neste cenário, destacam-se o consórcio onde a *C. juncea* foi semeada simultaneamente ao milho e manejada 29 DAS, e o monocultivo de milho com adubação nitrogenada de cobertura, ambos cultivadas no período primavera/verão do ano agrícola 2010/2011. Agregam-se aos sistemas anteriormente comentados, os consórcios estabelecidos no inverno, onde apenas quando a *C. juncea* foi semeada sucedendo o milho em 7 dias (manejada aos 74 DAE) e recebeu adubação nitrogenada de cobertura (via torta de mamona), obteve-se um panorama desfavorável do ponto de vista monetário. Este valor negativo é consequência do elevado valor agregado à adubação nitrogenada de cobertura que não se reverteu em rendimento de grãos.

Tabela 5.5 – Balanço de nitrogênio para milho em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ sob diferentes intervalos de semeadura e manejadas com diferentes períodos de crescimento de CJ, expressos em dias após a emergência (DAE), com tratamentos recebendo 70 kg de N ha⁻¹ de adubação nitrogenada de cobertura via torta de mamona (TM). Nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2010/11.

Tratamentos	Exportação grão	Perda NH ₃ ⁻	Entrada fertilizante	Entrada AV	Entrada Total	Balanço
	----- kg de N ha ⁻¹ -----					
CJ antecedendo M 7 dias (33 DAE)	25,02 b	15,57 c	50,00 *	42,66 b	93,05 c	52,71 bc
CJ simultâneo M (29 DAE)	40,32 ab	16,23 c	50,00 *	47,61 b	97,72 c	41,27 bc
CJ sucedendo M 14 dias (102 DAE) + TM	26,14 ab	51,47 a	120,00 *	118,80 a	241,06 a	165,43 a
CJ sucedendo M 28 dias (88 DAE) + TM	29,29 ab	36,98 b	120,00 *	16,43 c	138,15 b	72,14 bc
M mono	25,72 ab	2,33 *	50,00 *	0,00 *	50,00 *	21,97 c
M mono + TM	45,12 a	34,42 *	120,00 *	0,00 *	120,00 *	40,48 bc
DMS	19,42	6,67	0,00	21,25	34,67	43,53
Erro	± 4,23	± 1,48	± 0,00	± 8,64	± 9,41	± 9,47
CV %	26,47	2,46	0,00	9,79	2,34	28,84
P	0,0143	0,0001	0,00	0,0003	0,0001	<0,0000

Letras minúsculas comparam médias na coluna pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. As inscrições “n e *” assinalam, respectivamente, a ausência de diferenças estatísticas significativas entre as médias e inviabilidade de realização da análise de variância.

Tabela 5.6 – Balanço de nitrogênio para milho em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ sob diferentes intervalos de semeadura e manejadas com diferentes períodos de crescimento de CJ, expressos em dias após a emergência (DAE). Com tratamentos recebendo 70 kg de N ha⁻¹ de adubação nitrogenada de cobertura via torta de mamona (TM). Nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2011.

Tratamentos	Exportação grão	Perda NH ₃ ⁻	Entrada fertilizante	Entrada AV	Entrada Total	Balanço
	----- kg de N ha ⁻¹ -----					
CJ antecedendo M 7 dias (43 DAE)	49,70 ns	8,28 b	35,00 *	46,60 ab	81,67 b	23,79 b
CJ simultâneo M (37 DAE)	39,33	7,60 b	35,00 *	41,17 ab	76,54 b	30,05 b
CJ sucedendo M 7 dias (74 DAE) + TM	44,81	47,21 a	105,00 *	86,15 a	199,56 a	47,48 ab
CJ sucedendo M 14 dias (67 DAE) + TM	57,09	39,14 a	105,00 *	37,13 b	143,28 a	109,34 a
M mono	41,24	1,63 *	35,00 *	0,00 *	35,00 *	-7,86 b
M mono + TM	48,34	33,72 *	105,00 *	0,00 *	105,00 *	22,95 b
DMS	31,67	7,91	0,00	45,01	57,49	67,02
Erro	± 7,42	± 1,33	± 0,00	± 9,33	± 11,22	± 13,64
CV %	27,51	4,37	0,00	8,16	2,83	62,80
P	0,6037	0,0001	0	0,0460	0,003	0,0024

Letras minúsculas comparam médias na coluna pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. As inscrições “n e *” assinalam, respectivamente, a ausência de diferenças estatísticas significativas entre as médias e inviabilidade de realização da análise de variância.

Tabela 5.7 – Balanço de nitrogênio para milho em sistema de fileiras simples ou duplas, cultivado em monocultivo (mono) ou em consórcio com CJ manejada 30 dias após a emergência. Com tratamentos recebendo 70 kg de N ha⁻¹ de adubação nitrogenada de cobertura via torta de mamona (TM). Nas condições climáticas da Baixada Fluminense no ano agrícola 2011/12.

Tratamentos	Exportação grão	Perda NH ₃ ⁻	Entrada fertilizante	Entrada AV	Entrada Total	Balanço
	----- kg de N ha ⁻¹ -----					
CJ + M _{Simple}	61,04 ns	8,03 ns	35,00 *	44,99 ns	79,99 ns	10,92 a
CJ + M _{Simple} + TM	59,86	33,72 *	105,00 *	0,00 *	*	11,43 a
CJ + M _{Dupla}	56,21	8,50	35,00 *	48,32	83,32	18,61 a
CJ + M _{Dupla} + TM	44,11	33,72 *	105,00 *	0,00 *	*	27,18 a
M _{Simple} mono	57,24	1,63 *	35,00 *	0,00 *	*	-23,87 b
M _{Simple} mono + TM	50,31	33,72 *	105,00 *	0,00 *	*	20,97 a
DMS	31,31	1,46	0,00	10,28	10,29	31,70
Erro	± 6,81	± 0,44	± 0,00	± 3,09	± 3,09	± 6,90
CV %	24,87	10,65	0,00	13,24	7,57	126,89
P	0,5112	0,5008	0,00	0,501	0,501	0,0016

Letras minúsculas comparam médias na coluna pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. As inscrições “n e *” assinalam, respectivamente, a ausência de diferenças estatísticas significativas entre as médias e inviabilidade de realização da análise de variância.

Tabela 5.8 – Análise econômica de 3 experimentos relativos ao cultivo de milho (M), em sistema orgânico de produção, consorciado ou não com *C. juncea* (CJ) sob diferentes intervalos de semeadura, manejadas com diferentes períodos de crescimento, expressos em dias após a emergência (DAE). Com tratamentos recebendo 70 kg de N ha⁻¹ de adubação nitrogenada de cobertura via torta de mamona (TM), nas condições climáticas da Baixada Fluminense entre novembro de 2010 e março de 2012. (valores expressos em R\$ ha⁻¹)

Tratamentos	Adubação (R\$ ha ⁻¹)		Sementes (R\$ ha ⁻¹)		Operacionais (R\$ ha ⁻¹)			Custo	Receitas (R\$ ha ⁻¹)	
	Base	N-TM	M	CJ	Impl.	Cap.	Man.	Final (R\$ ha ⁻¹)	Bruta	Líquida
1º Experimento (novembro 2010 a março de 2011)										
CJ antecedendo M 7 dias (33 DAE)	1236	0	175	267	120	45	30	1873	1728	-145
CJ simultâneo M (29 DAE)	1236	0	175	267	120	45	30	1873	2842	969
CJ sucedendo M 14 dias (102 DAE) + TM	1236	462	175	267	120	90	0	2350	1531	-819
CJ sucedendo M 28 dias (88 DAE) + TM	1236	462	175	267	120	90	0	2350	1962	-388
M mono	1236	0	175	0	90	90	0	1591	1765	174
M mono + TM	1236	462	175	0	90	90	0	2053	2889	836
2º Experimento (abril a setembro de 2011)										
CJ antecedendo M 7 dias (43 DAE)	1188	0	175	267	120	45	30	1825	2504	679
CJ simultâneo M (37 DAE)	1188	0	175	267	120	45	30	1825	2295	470
CJ sucedendo M 7 dias (74 DAE) + TM	1188	462	175	267	120	90	0	2302	2111	-191
CJ sucedendo M 14 dias (67 DAE) + TM	1188	462	175	267	120	90	0	2302	2776	474
M mono	1188	0	175	0	90	90	0	1543	2140	597
M mono + TM	1188	462	175	0	90	90	0	2005	2493	488
3º Experimento (novembro 2011 a março 2012)										
CJ + M _{Simple}	1188	0	175	267	120	45	30	1825	1641	-184
CJ + M _{Simple} + TM	1188	462	175	267	120	45	30	2287	1810	-477
CJ + M _{Dupla}	1188	0	175	267	120	38	30	1817	1479	-338
CJ + M _{Dupla} + TM	1188	462	175	267	120	38	30	2279	1660	-619
M _{Simple} mono	1188	0	175	0	90	90	0	1543	1603	60
M _{Simple} mono + TM	1188	462	175	0	90	90	0	2005	1970	-36

Custos operacionais: Implantação (Impl), Capinas (Cap.) e Manejo do adubo verde (Man)

Leal et al. (2005), avaliando sistemas de produção com diferentes espécies de adubos verdes no pré-cultivo do milho, obtiveram produções de grãos e custo operacional total semelhantes aos do presente estudo, e obtiveram as melhores receitas e índice de lucratividade quando a *C. juncea* foi a cultura antecessora ao cereal.

Santos et al. (2009), avaliando sistema de consórcio entre milho e feijão, apresentam custos semelhantes, contudo obtiveram receita líquida positiva para todos os sistemas estudados, o que difere do panorama observado neste estudo. Entretanto, as produtividades alcançadas e o preço médio do milho para aquela época, favoreceram uma receita bruta capaz de gerar lucro.

Os dados relativos ao 3º experimento apresentam receita líquida negativa para todos os sistemas, exceto o milho em monocultivo que não recebeu a adubação nitrogenada em cobertura. Estes valores são reflexos dos baixos rendimentos de grãos de milho, os quais foram prejudicados por uma intempérie enfrentada durante o crescimento do cereal. Portanto, é necessário um olhar diferenciado para esta situação. Ademais, nos sistemas onde há um intervalo vago entre as fileiras milho, como nos monocultivo e nos consórcios onde a *C. juncea* foi manejada, é possível estabelecer outras culturas, em sistema de consórcio com o milho. Inclusive, no sistema de fileiras duplas, este espaço é mais bem organizado, de modo a possibilitar melhores índices produtivos para as culturas secundárias, como nos resultados obtidos por Pereira Filho et al. (200) e Costa & Silva (2008).

Assim como destacado por Heinrichs et al., (2005), num sistema de consórcio, os benefícios técnicos e econômicos são mais bem observados a partir do segundo ano de cultivo. Para os sistemas de consórcio estudados, num segundo ano de cultivo, é possível minimizar o custo das sementes do adubo verde, que para os experimentos testados compõem em média 14% do custo. Dalla Chieza (2010) avaliando diferentes consórcios de milho com fabáceas, também observaram que as sementes dos adubos verdes tinham considerável contribuição no custo final. Outro custo que deve ser relativizado para o presente estudo é o preço pago pelas sementes de milho. Para o presente estudo era importante que se utilizasse semente com menor variabilidade genética, para minimizar os erros que tem influência negativa em análises estatísticas. Desta maneira, em se pensando num sistema orgânico de produção, se pode lançar mão de uma variedade de polinização aberta onde o próprio agricultor é capaz de produzir suas sementes o que incide na desoneração desta variável, que foi responsável de 7 a 11% do custo de produção para os sistemas estudados.

A constante flutuação dos preços, com tendências de aumentos nos insumos numa escada desproporcional aos preços pagos para os agricultores, diminui as margens líquidas desses e aumenta sua vulnerabilidade socioeconômica (MONTROYA & GUILHOTO, 2001). Esta condição reforça a importância dos agricultores familiares produzirem parte de seus alimentos e de seus insumos, de modo a ficarem mais protegidos destas flutuações, garantindo desta maneira sua segurança alimentar.

5.4 CONCLUSÕES

O sistema de consórcio, desenvolvido no período de primavera verão, no qual o milho e a *Crotalaria juncea* foram semeados de forma simultânea e o adubo verde foi manejado 29 dias após a emergência, proporcionou produção de grãos do cereal semelhante ao monocultivo com adubação nitrogenada de cobertura, com reflexos positivos no balanço aparente de nitrogênio e na análise de custos monetários.

Cultivada no período outono/inverno, a *C. juncea* apresentou crescimento pouco agressivo onde aportou relativamente pouca matéria seca da parte aérea. Todavia, não influenciou na produção de grãos do cereal, possibilitou balanço aparente de nitrogênio e saldo de custos monetários positivos, com destaque para o tratamento onde o milho recebeu adubação nitrogenada de cobertura e o adubo verde fora semeado sucedendo o milho em 14 dias e manejado ao final do ciclo (67 DAE) do cereal.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Os consórcios estabelecidos pelos diferentes intervalos de semeadura da *Crotalaria juncea* em relação ao milho, quando cultivado no período primavera/verão, afetaram os aspectos morfofisiológicos da cultura do milho, com efeitos no desempenho produtivo do cereal.

A *C. juncea*, para o período de verão, quando estabelecida 7 dias antes ou 14 dias após a semeadura do milho, exerceu influência negativa nas taxas de crescimento, índice de área foliar e taxa de assimilação líquida do milho com repercussões no acúmulo de biomassa e produção de grãos de milho.

O consórcio entre milho e *Crotalaria juncea*, quando as culturas foram semeadas na mesma data e o adubo verde foi manejado cerca de 30 dias após a emergência, independente do período de cultivo, não afetou a produção de grãos de milho. Bem como proporcionou produções equivalentes ao monocultivo de milho que recebeu 70 kg ha⁻¹ de nitrogênio, via torta de mamona, como adubação nitrogenada de cobertura.

Quando cultivada no período outono/inverno, a *C. juncea* apresentou crescimento pouco agressivo, com baixa produção de matéria seca e, quando semeada 14 dias após o milho, não influenciou a produção do cereal, possibilitou balanço aparente de nitrogênio e resultado econômicos positivos, além disso, mostra-se com potencial técnico para ser aperfeiçoado o sistema.

A *Crotalaria juncea* produziu biomassa aérea compatível com o tempo que permaneceu em crescimento, promoveu aporte de nitrogênio capaz de equivaler à produção de milho a níveis de milho em monocultivo, e proporcionou reflexos positivos nos balanços econômico e de nitrogênio.

Os resíduos de *Crotalaria juncea* apresentaram elevadas taxas de decomposição, independente da ontogenia. Também as cinéticas de liberação dos nutrientes apresentaram padrões similares, variando a cinética de liberação e o tempo de meia vida apenas entre os nutrientes. Sendo, o potássio, o magnésio e o nitrogênio os nutrientes mais rapidamente liberados dos resíduos.

O resíduo de torta de mamona apresentou perda acumulada de nitrogênio, via volatilização de amônia, de 45,8% do aplicado, enquanto que para o resíduo de *C. juncea* se observou uma perda de cerca de 14%.

7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABREU, S. L. REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para redução da compactação em Argissolo franco-arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.3, p. 519-531, 2004.

AITA, C & GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A. P.; CHIAPINOTTO, I. C. & FRIES, M. R. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. I - dinâmica do nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.28, p.739-749, 2004.

ALMEIDA, D. L. de; SANTOS, G. A.; DE-POLLI, H.; CUNHA, L. H.; FREIRE, L. R.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. do; PEREIRA, N. N. C.; EIRA, P.A. da; BLOISE, R.M. & SALEK, R.C. **Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: UFRRJ, 1988. 179p. (Coleção Universidade Rural. Ciências Agrárias, 2).

ALTIERI, M. A. & NICHOLS, C. I. Agroecologia: resgatando a agricultura orgânica a partir de um modelo industrial de produção e distribuição. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 141-153, 2003.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009. 120 p.

ALVARENGA, R. C; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C. & SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

ALVES, Â. G. C. & CAPORAL, F. R. Pesquisa e extensão – a necessidade de incorporar a participação do agricultor. In: **Boletim informativo sociedade brasileira de ciência do solo**. Campinas. SBCS, v. 1, n. 1, 2012, p. 32-37.

ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F. M.; HECKLER, J. C.; MACEDO, R. A. T. de; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P. & URQUIAGA, S. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.449-456, 2006.

ALVES, S. M. C.; ABOUD, A. C. S.; RIBEIRO, R. L. D. & ALMEIDA, D. L. de. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após a incorporação de biomassa de guandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1111-1117, 2004.

AMABILE, R. F. & CARVALHO, A. M. de. Histórico da adubação verde. In: AMABILE, R. F. & CARVALHO, A. M. de. (Eds.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina – DF, Embrapa Cerrados, 2006, 369 p.

AMADO, T. J. C.; MILNICZUK, J. & AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.26, p.241-248, 2002.

AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G. M. B.; SCHAMMASS, E. A.; MURAOKA, T.; GUIRADO, N. & ROSSI, F. Nitrogen supply to corn from sunn hemp and velvet bean green manures. **Scientia Agricola**, v.66, n.3, p.386-394, 2009.

ARAÚJO, A. P. Analysis of variance of primary data on plant growth analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 1-10, 2003.

ARAÚJO, A. S. F. de; TEIXEIRA, G. M.; CAMPOS, A. X. de; SILVA, F. C.; AMBROSANO, E. J. & TRIVELIN, P. C. O. (2005). Utilização de nitrogênio pelo trigo cultivado em solo fertilizado com adubo verde (*Crotalaria juncea*) e/ou ureia. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.35, n.2, p.284-289, 2005.

ARAÚJO, A. S. F. de; TEIXEIRA, G. M.; CAMPOS, A. X. de; SILVA, F. C.; AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização de nitrogênio pelo trigo cultivado em solo fertilizado com adubo verde (*Crotalaria juncea*) e/ou ureia. **Revista Ciência Rural**, v. 35, p.284-289, 2005.

ARAÚJO, E. S.; MARSOLA, T.; MIYAZAWA, M.; SOARES, L. H. B.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. & ALVES, B. J. R. Calibração de câmara semiaberta estática para quantificação de amônia volatilizada do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.7, p.769-776, 2009.

ARF, O.; BUZZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeito da época de semeadura da mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) e lab-lab (*Dolichos lablab*) intercaladas na cultura do milho (*Zea mays*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 898-904, 2000.

BALBINOT JR., A. A.; BACKES, R.L.; ALVES, A. C.; OGLIARI, J. B. & FONSECA, J. A. da. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.2, p.161-166, 2005.

BALKCOM, K. S. & REEVES, D. W. Sunn-hemp utilized as a legume cover crop for corn production. **Agronomy journal**, Madison, v.97, p.26-31, 2005.

BARRELLA, T. P. Crescimento e produção de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) sob níveis e períodos de sombreamento artificial. 2003. 46 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2003.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: Noções básicas. 2ª ed. Funep, Jaboticabal, 2003. 41p.

BERTOL, O. J. PAULETTI, V. & DIECKOW, J. A transferência de tecnologia em manejo e conservação do solo e da água. In: **Boletim informativo sociedade brasileira de ciência do solo**. Campinas. SBCS, v. 1, n. 1, 2012, p. 26-31.

BEZERRA NETO, F; GOMES, E. G; NUNES, G. H. S & OLIVEIRA, E. Q de. Desempenho de sistemas consorciados de cenoura e alface avaliados através de métodos uni e multivariados. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 4, p.514-520, 2007b.

BLUM, R. Agricultura familiar: estudo preliminar da definição, classificação e problemática. In: TEDESCO, J. C. et al. (Org.). **Agricultura familiar: realidades e perspectivas**. 3. ed. Passo Fundo: EDIUF, 2001. p. 57–108.

BOER, C. A.; ASSIS, R. D.; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. D. L.; CARGNELUTTI FILHO, A. & PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1269-1276, 2007.

BOGO, A. **Arquitetos de sonhos**. São Paulo. Expressão popular, 2003. 452 p.

BORBA, M. F. S; GOMES, J. C. C; & TRUJILLO, R. G. **Postura epistemológica para abordagem do desenvolvimento rural de áreas marginais**. [S. l.: s. n.], [20]. Disponível em: <www.itcp.usp.br/.../Postura_epistemologica_para_abordagem_do_desenvolvimento_de_areas_marginais.doc>. Acesso em: 08 julho 2009.

BRANDENBURG, A. Movimento agroecológico: trajetória, contradições e perspectivas. **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**. n.6, p.11-28, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 46, de 6 de outubro de 2011. Dispõe sobre normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Organicos/Produtos%20Fitossanit%C3%A1rios/Home/IN_46_Prod_Animal_e_Vegetal_Organica-revoga_IN_64.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2013.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M. de & MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista, BA, Edições UESB, 2008, 72 p.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS et al. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.375–470.

CANUTO, J. C. A pesquisa e os desafios da transição agroecológica. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.27, p 133-140, 2003.

CAPORAL, F. & COSTABEBER, J. A.; **Agroecologia: alguns conceitos e princípios**. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004. 24 p.

CAPORAL, F. R. & PERTERSEN, P. Agroecologia e Políticas Públicas na América Latina: o caso do Brasil. **Agroecologia**, v.6, p.63-73, 2011.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: Enfoque científico e estratégico para apoiar o desenvolvimento rural sustentável. In: _____; _____. **Agroecologia e extensão rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: MDA/SAF/DATER, 2007. p.95–120.

CARDOSO, M. J.; FONTES, L. A. N.; LOPES, N. F.; et al.. Partição de assimilados e produção de matéria seca de milho em dois sistemas de associação com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v.34, n.191, p.71-89, 1987.

CARVALHO, A. M. de & AMABILE, R. F. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 2006, 369 p.

CARVALHO, M. A. C. de; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O. & SÁ, M. E. de. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília - DF, v.39, n.1, p.47-53, 2004.

CASTRO, C. M. de. **Plantio direto e aporte de nitrogênio na produção orgânica de beringela (*Solanum melongena* L.)**. 2004. 107 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

CASTRO, C. M. de; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. L. de & RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.779-785, 2004.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 777-788, 2005.

CONSEA. **Agricultura familiar no Brasil e o censo agropecuário**. 2006. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br/Consea/imagens/agriculturafamiliar.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2012.

COSTA, A. S. V. da & SILVA, M. B. da. Sistemas de consórcio milho feijão para a região do vale do rio doce, Minas Gerais. **Ciência agrotecnica**, Lavras, v.32, n.2, p.663-667, 2008. Comunicado.

COSTABEBER, J. A & CAPORAL, F. R., Possibilidades e alternativas do desenvolvimento rural sustentável. In: VELA, H. (Org.). **Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável no MERCOSUL**, Santa Maria: [s.n.], 2003. p.157–194.

COSTABEBER, J. A & CLARO, S. A. Experimentação participativa e referências tecnológicas para a agricultura familiar. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.29, p.31-40, 2004.

CREWS, T. E. & PEOPLES, M. B. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.102, p.279–297, 2004.

DALLA CHIEZA, E. Sistemas de cultivos de milho consorciados ou não com plantas de cobertura de solo de verão: aspectos produtivos, socioeconômicos e de qualidade do solo. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

DALLA CHIEZA, E.; LOVATO, T.; RODRIGUES, J.; PIZZANI, R.; PIAIA, Â.; TONIN, J.; SCHAEFER, P. E.; JONER, G. & MACHADO, D. S. Produtividade do Milho e Produção de Fitomassa em Cultivo Solteiro ou Consorciado com Leguminosas sob Diferentes Formas de Adubação. **Revista brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, p.1932-1934, 2009.

DIEESE & NEAD. **Estatísticas do meio rural 2010-2011**. Departamento intersindical de estatística e estudos socioeconômicos; Núcleo de estudos agrários e desenvolvimento rural; Ministério do Desenvolvimento Agrário. 4 ed.2011. 292p.

DINIZ, E. R.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; PETERNELL, L. A.; BARRELLA, T. P. & FREITAS, G. B. de. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.199-206, 2007.

DURÃES, F. O. M.; MAGALHÃES, P. C.; COSTA, J. D. & FANCELLI, A. L. Fatores ecofisiológicos que afetam o comportamento do milho em semeadura tardia (safrinha) no Brasil central. **Scientia agrícola**. Piracicaba, v.53, n.3, p.491-501, 1995.

EMBRAPA. **Marco referencial em agroecologia**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006a. 70 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006b. 306p.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 1997. 20p. (Documentos, 42). Disponível em <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/624248/1/doc042.pdf>>, acesso em: 15 setembro 2013.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M. & ASSIS, R. L. (Eds.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 435-451.

ESPINDOLA, J. A.; ALMEIDA, D. L. de; QUERRA, J. G. M. & RIBEIRO, R. D. Gestão do nitrogênio em sistemas orgânicos de produção através da adubação verde. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 29, p. 123-130, 2004.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; BORDIN, L.; COICEV, L. & FORNASIERI FILHO, D. Desempenho agrônomico de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.235-241, 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIGLIARELLI, C. **Transição agroecológica em sistemas em sistemas de produção de batata**. 2005. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

FOLONI, J. S. S.; SANTOS, D. H. & BRIANCINI, R. Competição de cultivares de milho em espaçamento reduzido no ambiente safrinha do oeste paulista. **Colloquium Agrariae**, v.4, n.2, p.01-08, 2008.

FONTOURA, S. M. V. & BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.33, p.1721-1732, 2009.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Manejo nutricional integrado na recuperação de áreas degradadas e na sustentabilidade dos sistemas produtivos utilizando a fixação biológica de nitrogênio como fonte de nitrogênio. In: AQUINO, A. M. & ASSIS, R. L. (Eds.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 201–220.

GAVA, G. D. C.; OLIVEIRA, M. W. de; SILVA, M. A.; JERÔNIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S. & TRIVELIN, P. C. O. Produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio em milho cultivado com diferentes doses de ¹⁵N-uréia. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.4, p.851-862, 2010.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; HÜBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E. & AMARAL, E. D. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.9, p.1097-1104, 2003.

GIONGO, V.; MENDES, A. M. S.; CUNHA, T. J. F. & GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de nutrientes de coquetéis vegetais para utilização no semiárido brasileiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza – CE, v.42, n.3, p. 611-618, 2011.

GITTI, D. C.; ARF, O.; VILELA, R. G.; PORTUGAL, J. R.; KANEKO, F. H. & RODRIGUES, R. A. F. Épocas de semeadura de Crotalaria em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.2, p. 156-168, 2012.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2009. 654 p.

GOMES, I. A. C.; CASTRO, E. M. de; SOARES, A. M.; ALVES, J. D.; ALVARENGA, M. I. N.; ALVES, E.; BARBOSA, J. P. R. A. D. & FRIES, D. D. Alterações morfológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. “Oeiras” sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. **Revista Ciência Rural**, v.29, n.1, Brasília, p. 57-62, 2011.

GOMES, J. C. C. & BORBA, M. Limites e possibilidades da Agroecologia como base para sociedades sustentáveis. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 29, p. 05-14, 2004.

GOMES, J. C. C. Pluralismo epistemológico e metodológico como base para o paradigma ecológico. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 27, p. 121-132, 2003.

GONDIM, A. R. O.; PUIATTI, M.; CECON, P. R. & FINGER, F. L. Crescimento, partição de fotoassimilados e produção de rizomas de taro cultivado sob sombreamento artificial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, n.3, p.418-428, 2007.

GRANGEIRO, L. C.; SANTOS, A. P.; FREITAS, F. C. L.; SIMÃO, L. M. C. & BEZERRA NETO, F. Avaliação agroeconômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 242-248, 2011.

HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p.71-79, 2005.

HUNT, R. 1979. Plant growth analysis: the rationale behind the use of the fitted mathematical function, **Annals of Botany**, v.43, p.245-249, 1979

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201212_6.shtm>. Acesso em: 30 jan. 2013.

IHU - INSTITUTO HUMANO UNISINOS. **A degradação de terras no Brasil e a perda da resiliência em termos de produção e sustentabilidade**. 2012. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/511890-degradacao-de-terras-no-brasil-um-dado-preocupante-entrevista-especial-com-eduardo-campello>>. Acesso em 04 agosto 2012.

JANZEN, H. H. & MCGINN, S. M. Volatile loss of nitrogen during decomposition of legume green manure. **Soil Biology and Biochemistry**, v.23, n.3, p.291-297, 1991.

LACERDA, C. F.; CARVALHO, C. M. de; VIEIRA, M. R. NOBRE, J. G. A.; NEVES, A. L. R. & RODRIGUES, C. F. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.1, p.18-24, 2010.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; TARSITANO, M. A. A.; SÁ, M. E. de & GOMES JÚNIOR, F. G. Viabilidade econômica da rotação de culturas e adubos verdes antecedendo o cultivo do milho em sistema de plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.3, p.298-307, 2005.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G. & ALMEIDA, D. J. de. Desempenho de *Crotalaria* cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.3, p.386-391, 2012.

LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. D. C. A. de; Sagrilo, E. & SILVA GALVÃO, S. R. da. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.1, p. 29-35, 2010.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.175-187, 2004.

MANZONI, S., TROFYMOW, J. A., JACKSON, R. B., & PORPORATO, A. Stoichiometric controls on carbon, nitrogen, and phosphorus dynamics in decomposing litter. **Ecological Monographs**, v.80, n.1, p.89-106, 2010.

MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E. & FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. II-decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p.1568-1582, 2012.

MELLO, M. S. A relação entre as instituições de pesquisa e de extensão rural em Minas Gerais. In: **Boletim informativo sociedade brasileira de ciência do solo**. Campinas. SBCS, v. 1, n. 1, 2012, p. 38-41.

MIELNICZUK, J. Desenvolvimento de sistemas de culturas adaptadas à produtividade, conservação e recuperação de solos. In: MONIZ et al. (Coord.) **A responsabilidade social da ciência do solo**. Campinas: SBCS, 1988. p.109-116.

MONTOYA, M. A. & GUILHOTO, J. J. M. Mudança estrutural no agronegócio brasileiro e suas implicações na agricultura familiar. In: TEÓFILO, E. et al. (org.). **A economia da**

reforma agrária: evidências internacionais. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2001. p.179–222.

MORAIS, E. R. C. de.; MAIA, C. E.; NEGREIROS, M. Z. de.; ARAÚJO JUNIOR, B. B. de & MEDEIROS, J. F. de. Crescimento e produtividade do meloeiro goldex influenciado pela cobertura do solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.129-137, 2008.

NOGUEIRA, A. R. A. & SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios:** Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313p.

NOVAIS, R. F. de. A frágil relação entre a pesquisa em ciência do solo e a sua extensão. In: **Boletim informativo sociedade brasileira de ciência do solo**. Campinas. SBCS, v. 1, n. 1, 2012, p. 14-21.

NUNES, A. S.; SOUZA, L. C. F. de; VITORINO, A. C. T. & MOTA, L. H. S. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, n.4, p.1375-1384, 2011.

OLIVEIRA, F. F. de; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; RICCI, M. S. F. & CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2, p.216-220, 2008.

OLIVEIRA, F. L. de; ARAÚJO, A. P. & GUERRA, J. G. M. Crescimento e acumulação de nutrientes em plantas de taro sob níveis de sombreamento artificial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p. 291-298, 2011.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. & RAMALHO, M. A. P. Produtividade e índice de espiga de três cultivares de milho em sistemas de consórcio com o feijão comum **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 26, v. 5, p. 745-751, 1991.

PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C. de & CRUZ, J. C. Sistemas de plantio de milho em fileiras duplas e simples em consórcio com feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.5, p.951-957, 2000.

PEREIRA, A. J. Caracterização agrônômica de espécies de *Crotalaria L.* em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *Crotalaria juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto. 2007. 72 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: Instituto Agrônomo 1987. 33p. (Boletim Técnico, 44)

PEREIRA, C. R. **Análise do crescimento e desenvolvimento da cultura de soja sob diferentes condições ambientais**. 2002. 282 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

PEREIRA, L. C.; FONTANETTI, A.; BATISTA, J. N.; GALVÃO, J. C. C. & GOULART, P. L. Comportamento de cultivares de milho consorciado com *Crotalaria juncea*: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.6, n.3, p. 191–200, 2011.

PERIN, A.; BERNARDO, J. T.; SANTOS, R. H. S. & FREITAS, J. B. de. Desempenho agrônômico de milho consorciado com feijão-de-porco em duas épocas de cultivo no sistema orgânico de produção. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v.31, n.3, p.903-908, 2007.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; CABALLERO, S. S. U.; GUERRA, J. G. M. & GUSMÃO, L. A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em Crotalaria e milheto solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, v.57, n.2, p.274-281, 2010.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; CECON, P. R.; GUERRA, J. G. M. & FREITAS, G. B. de. Sunn hemp and millet as green manure for tropical maize production. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.6, n.5, p.453-459, 2006.

PLATONOW, V. **Brasil tem o equivalente a duas França em áreas degradadas, diz Ministério do Meio Ambiente**. 2012. Disponível em: <<http://amazonia.org.br/2012/07/brasil-tem-o-equivalente-a-duas-fran%C3%A7as-em-%C3%A1reas-degradadas-diz-minist%C3%A9rio-do-meio-ambiente/>>. acesso em 03 agosto 2012.

POORTER, H. Plant growth analysis: towards a synthesis of the classical and the functional approach. **Physiologia Plantarum**. v.75, p.237-244, 1989.

POORTER, L.; KWANT, R.; HERNÁNDEZ, R.; MEDINA, E. & WERGER, M. J. A. Leaf optical properties in Venezuelan cloud forest trees. **Tree Physiology**, Victoria-Canada, v.20, p.519-526, 2000.

PORT, O.; AITA, C. & GIACOMINI, S. J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.7, p.857-865, 2003.

RAMALHO, M. A. P.; OLIVEIRA, A. C. de & GARCIA, J. C. Recomendações para o planejamento e análise de experimentos com as culturas de milho e feijão consorciadas. **Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, 1983, 74 p. [Documentos, 2].

RATTNER, H. Sustentabilidade – uma visão humanista. **Revista Ambiente e Sociedade**. Campinas, n.5, p.233-240, 1999.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.5, p.1805-1816, 2008

REZENDE, B. L. A; CECÍLIO FILHO, A. B.; CATELAN, F. & MARTINS, M. I. E. G. Análise econômica de cultivos consorciados de alface americana x rabanete: um estudo de caso. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 853-858, 2005.

RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; OLIVEIRA, F. L. de; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de & RIBEIRO, R. L. D. Adubação verde na forma de consórcio no cultivo do quiabeiro sob manejo orgânico. Seropédica, RJ, dez. 2002. (Comunicado Técnico 54). Disponível em < <http://www.cnpab.embrapa.br/system/files/downloads/cot054.pdf>>. Acesso em 10 agosto 2013.

RIBAS, R. G. T.; SANTOS, R. H. S.; SIQUEIRA, R. G.; DINIZ, E. R.; PETERNELLI, L. A. & FREITAS, G. B. de. Decomposição, liberação e volatilização de nitrogênio em resíduos culturais de mucuna-cinza (*Mucuna cinerea*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.878-885, 2010.

ROSSI, C. Q.; ALVES, R. E. A.; FERNANDES, P. R. T.; PEREIRA, M. G.; RIBEIRO, R. L. D. & POLIDORO, J. C. Liberação de macronutrientes de resíduos do consórcio entre mucuna preta e milho sob sistema orgânico de produção. **Revista de Ciências da Vida**, v.28, n.2, p.01-10, 2008.

SAINJU, U. M.; SINGH, B. P. Nitrogen storage with cover crops and nitrogen fertilization in tilled and no tilled soils. **Agronomy Journal**, v.100, Issue 3, p.619-627, 2008.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A. & RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.687-692, 2003.

SANTOS, A. J. dos; LEAL, A. C.; GRAÇA, L. R. & CARMO, A. P. C. do. Viabilidade econômica do sistema agroflorestal grevilea x café no norte do Paraná. **Cerne**, n. 1, v. 6, p. 89-100, 2000.

SANTOS, N. C. B. dos; TARSITANO, M. A. A.; ARF, O. & MATEUS, G. P. Análise econômica do consórcio feijoeiro e milho-verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8, n.1, p.1-12, 2009.

SCHLINDWEIN, S; PINHEIRO, S; MARTINS, S. A epistemologia da Agroecologia e suas implicações práticas para o desenvolvimento rural: uma proposta metodológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.384-388, 2007. Disponível em <<http://www6.ufrgs.br/seeragroecologia/ojs/viewarticle.php?id=1927&layout=abstract>>. Acesso em: 10 fevereiro 2010.

SCHNEIDER, S. A. S. Ocupação da força de trabalho na agricultura gaúcha: uma análise a partir da pesquisa da EMATER/RS de 1992. **Revista Extensão Rural**, Santa Maria, ano 6, p. 69-96, 1999.

SELAYA, N. G.; ANTEN, N. P. R.; OOMEN, R. J.; MATTHIES, M. & WERGER, M. J. A. Above-ground biomass investments and light interception of tropical forest trees and lianas early in succession. **Annals of Botany**, v.99, p.141-151, 2007.

SERPA, M. S.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L.; VIEIRA, V. M & MARCHESI, D. R. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em ambientes irrigados e de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.4, p.541-549, 2012.

SEVERINO, L.S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A. de & GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.1, 2004.

SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; VELOSO, M. E. da C.; TRIVELIN, P. C. O. Aproveitamento do nitrogênio (¹⁵N) da Crotalaria e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Ciência Rural**, v.36, p.739-746, 2006.

SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; VILLANUEVA, F. C. A. & ESPINAL, F. S. C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v.44, n.2, p.118-127, 2009.

SILVA, E. C. da; MURAOKA, T.; VILLANUEVA, F. C. A.; ESPINAL, F. S. C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.2, p.118-127, 2009.

SILVA, E. E.; DE-POLL, H.; GUERRA, J. G. M.; MENEZES, E. L. A.; RESENDE, A. L. S.; OLIVEIRA, F. L. de & RIBEIRO, R. L. D. Sucessão entre cultivos orgânicos de milho e couve consorciados com leguminosas em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.1, p.57-62, 2011.

TAIZ, L. & ZIEGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª Ed. Porto Alegre, 848 p., 2009.

TEIXEIRA, M. B.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G. & PIMENTEL, C. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.3, p.867-876, 2011.

THOMAS, R. J. & ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, n.10, p.1351-1361, 1993.

TIMOSSI, P. C.; WISINTAINER, C.; SANTOS, B. J. dos; PEREIRA, V. A. & PORTO, V. S. Supressão de plantas daninhas e produção de sementes de crotalaria, em função de métodos de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.4, p.525-530, 2011.

TOLEDO, E. N. B. A juventude rural e os desafios sucessórios nas unidades familiares de produção. **Revista da Juventude Rural da FETAG-RS**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 06–07, 2008.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C. & FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa – MG, v.29, n.4, p.609-618, 2005.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro, sob irrigação em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.497-506, 2000.

VALADARES, R.V.; DUARTE, R.F.; MENEZES, J.B.C.; FERNANDES, L.A.; TUFFI SANTOS, L.D.; SAMPAIO, R.A.; MOTA, T.C. & ALMEIDA, R.M. Fertilidade do solo e produtividade de milho em sistemas de adubação verde no norte de Minas Gerais. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.505-516, 2012.

8 ANEXOS

Tabela 8.1 - Análise de variância da variável altura de milho (cm), transformada por: $-\ln(y)$, para experimento conduzido no período de verão (safra agrícola 2010/11), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ. Sendo fator A, os intervalos entre as semeaduras de milho e *Crotalaria juncea* mais monocultivo de milho e, o fator D o intervalos entre a emergência das plantas de milho e a coleta das amostras.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	3	0,369724	0,123241	0,0843
Fator A	5	0,741579	0,148316	0,0356
Erro 1	15	0,689700	0,045980	
Fator D	7	165,224371	23,603482	<0,0000
Fator A * D	35	1,232214	0,035206	<0,0000
Erro 2	126	0,781583	0,006203	
CV 1 (%)=	5,41			
CV 2 (%)=	1,99	Média geral=	3,9644324	

Tabela 8.2 - Análise de variância da variável altura de milho (cm), transformada por: $-\ln(y)$, para experimento conduzido no período de inverno (safra agrícola 2011), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ. Sendo fator A, os intervalos entre as semeaduras de milho e *Crotalaria juncea* mais monocultivo de milho e, o fator D o intervalos entre a emergência das plantas de milho e a coleta das amostras.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	2	0,320934	0,160467	0,0839
Fator A	5	0,061904	0,021381	0,9317
Erro 1	10	0,500172	0,050017	
Fator D	5	46,495525	9,299105	<0,0000
Fator A * D	25	0,959568	0,038383	0,0749
Erro 2	60	1,455035	0,024251	
CV 1 (%)=	5,26			
CV 2 (%)=	3,67	Média geral=	4,247851	

Tabela 8.3 - Análise de variância da variável matéria seca aérea total de milho (Kg ha^{-1}), transformada por: $-\ln(y)$, para experimento conduzido no período de verão (safra agrícola 2010/11), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ. Sendo fator A, os intervalos entre as semeaduras de milho e *Crotalaria juncea* mais monocultivo de milho e, o fator D o intervalos entre a emergência das plantas de milho e a coleta das amostras.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	3	1,203146	0,401049	0,0438
Fator A	5	3,131492	0,626298	0,0050
Erro 1	15	1,745999	0,116400	
Fator D	7	579,951757	82,850251	<0,0000
Fator A * D	35	5,513551	0,157530	<0,0000
Erro 2	126	6,631147	0,052628	
CV 1 (%)=	5,51			
CV 2 (%)=	3,70	Média geral=	6,1956835	

Tabela 8.4 - Análise de variância da variável matéria seca aérea total de milho (Kg ha^{-1}), transformada por: $-\ln(y)$, para experimento conduzido no período de inverno (safra agrícola 2011), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ. Sendo fator A, os intervalos entre as sementeiras de milho e *Crotalaria juncea* mais monocultivo de milho e, o fator D o intervalos entre a emergência das plantas de milho e a coleta das amostras.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	2	1,067195	0,533598	0,0248
Fator A	5	0,844169	0,168834	0,2152
Erro 1	10	0,975485	0,097548	
Fator D	5	129,685701	25,937140	<0,0000
Fator A * D	25	1,703698	0,068148	0,0142
Erro 2	60	2,033496	0,033892	
CV 1 (%)=	4,65			
CV 2 (%)=	2,74	Média geral=	6,723670	

Tabela 8.5 - Análise de variância da variável matéria seca das folhas de milho (Kg ha^{-1}), transformada por: $-\ln(y)$, para experimento conduzido no período de verão (safra agrícola 2010/11), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ. Sendo fator A, os intervalos entre as sementeiras de milho e *Crotalaria juncea* mais monocultivo de milho e, o fator D os intervalos entre a emergência das plantas de milho e a coleta das amostras.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	3	0,862209	0,287403	0,0572
Fator A	5	2,229525	0,445905	0,0077
Erro 1	15	1,378610	0,091907	
Fator D	7	443,017492	63,288213	<0,0000
Fator A * D	35	4,000220	0,114292	0,0011
Erro 2	126	6,676191	0,052986	
CV 1 (%)=	5,39			
CV 2 (%)=	4,09	Média geral=	5,6214394	

Tabela 8.6 - Análise de variância da variável matéria seca das folhas de milho (Kg ha^{-1}), transformada por: $-\ln(y)$, para experimento conduzido no período de inverno (safra agrícola 2011), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ. Sendo fator A, os intervalos entre as sementeiras de milho e *Crotalaria juncea* mais monocultivo de milho e, o fator D os intervalos entre a emergência das plantas de milho e a coleta das amostras.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	2	0,767417	0,383709	0,0455
Fator A	5	0,885311	0,177062	0,1687
Erro 1	10	0,897631	0,089763	
Fator D	5	87,842061	17,568412	<0,0000
Fator A * D	25	1,882874	0,075315	0,0086
Erro 2	60	2,114392	0,035240	
CV 1 (%)=	4,94			
CV 2 (%)=	3,09	Média geral=	6,069597	

Tabela 8.7 - Análise de variância da variável índice de área foliar de milho ($m^2 m^{-2}$), transformada por: $-\ln(y)$, para experimento conduzido no período de verão (safra agrícola 2010/11), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ. Sendo fator A, os intervalos entre as sementeiras de milho e *Crotalaria juncea* mais monocultivo de milho e, o fator D o intervalos entre a emergência das plantas de milho e a coleta das amostras.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	3	0,577945	0,192648	0,1896
Fator A	5	1,818017	0,363603	0,0296
Erro 1	15	1,601479	0,106765	
Fator D	7	488,040854	69,720122	<0,0000
Fator A * D	35	4,314076	0,123259	0,0340
Erro 2	126	9,786188	0,077668	
CV 1 (%)=	5,41			
CV 2 (%)=	1,99	Média geral=	3,9644324	

Tabela 8.8 - Análise de variância da variável índice de área foliar de milho ($m^2 m^{-2}$), transformada por: $-\ln(y+1)$, para experimento conduzido no período de verão (safra agrícola 2010/11), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ. Sendo fator A, os intervalos entre as sementeiras de milho e *Crotalaria juncea* mais monocultivo de milho e, o fator D o intervalos entre a emergência das plantas de milho e a coleta das amostras.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	3	0,303207	0,151604	0,0083
Fator A	5	0,277441	0,055488	0,0691
Erro 1	15	0,188848	0,018885	
Fator D	7	15,458930	3,091786	<0,0000
Fator A * D	35	0,326926	0,013077	0,0999
Erro 2	126	0,521678	0,008695	
CV 1 (%)=	19,04			
CV 2 (%)=	12,92	Média geral=	0,7218519	

Tabela 8.9 - Análise de variância da variável população de milho (mil plantas ha^{-1}) para experimento conduzido no período de verão (safra agrícola 2010/11), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	3	1184,000	394,667	0,144
Tratamentos	5	431,095	86,219	0,802
Erro	15	2829,350	188,623	
CV (%)=	24,75	Média geral=	55,500	

Tabela 8.10 - Análise de variância da variável balanço de nitrogênio ($kg ha^{-1}$), dados transformados por: $-\ln(y)$, para experimento conduzido no período de verão (safra agrícola 2010/11), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	3	2,478009	0,826003	0,0628
Tratamentos	5	14,068371	2,813674	0,0002
Erro	15	4,105505	0,273700	
CV (%)=	13,79	Média geral=	3,7936030	

Tabela 8.11 - Análise de variância da variável nitrogênio acumulado pela matéria dos grãos de milho (Kg ha^{-1}), transformada por: $-\ln(y)$, para experimento conduzido no período de verão (safra agrícola 2010/11), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ. Sendo fator A, os intervalos entre as semeaduras de milho e *Crotalaria juncea* mais monocultivo de milho e, o fator D o intervalos entre a emergência das plantas de milho e a coleta das amostras.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	3	1,794699	0,598233	0,0021
Fator A	5	1,739086	0,347817	0,0093
Erro 1	15	1,126233	0,075082	
Fator D	7	317,383706	45,340529	<0,0000
Fator A * D	35	6,866539	0,196187	<0,0000
Erro 2	126	7,714979	0,061230	
CV 1 (%)=	12,31			
CV 2 (%)=	11,11	Média geral=	2,2263685	

Tabela 8.12 - Análise de variância da variável nitrogênio acumulado pela matéria seca total de milho (Kg ha^{-1}), transformada por: $-\ln(y)$, para experimento conduzido no período de verão (safra agrícola 2010/11), nas condições climáticas da Baixada Fluminense – RJ. Sendo fator A, os intervalos entre as semeaduras de milho e *Crotalaria juncea* mais monocultivo de milho e, o fator D o intervalos entre a emergência das plantas de milho e a coleta das amostras.

Fonte variação	Graus liberdade	Soma quadrados	Quadrado médio	Pr>Fc
Blocos	3	1,796196	0,598732	0,0021
Fator A	5	1,742284	0,348457	0,0094
Erro 1	15	1,128784	0,075252	
Fator D	7	317,527546	45,361078	<0,0000
Fator A * D	35	6,872336	0,196352	<0,0000
Erro 2	126	7,726263	0,061320	
CV 1 (%)=	5,25			
CV 2 (%)=	4,74	Média geral=	5,2218996	