

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

TESE

**Avaliação fitotécnica da sucessão milho e gergelim
em consórcio com amendoim forrageiro e proteção
de quebra-vento vegetal**

Hipólito Tadeu Ferreira da Silva

2014



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

**AVALIAÇÃO FITOTÉCNICA DA SUCESSÃO MILHO E GERGELIM
EM CONSÓRCIO COM AMENDOIM FORRAGEIRO E PROTEÇÃO
DE QUEBRA-VENTO VEGETAL**

HIPÓLITO TADEU FERREIRA DA SILVA

Sob orientação do professor
José Guilherme Marinho Guerra

e Co-orientação do professor
Adriano Perin

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.

Seropédica, RJ
Agosto de 2014

S586

Silva, Hipólito Tadeu Ferreira da. 2014.

a

Avaliação fitotécnica da sucessão milho e gergelim em consórcio com amendoim forrageiro e proteção de quebra-vento vegetal/ Hipólito Tadeu Ferreira da Silva. – 2014.

111f.: graf., tabs.

Orientador: José Guilherme Marinho Guerra.

Coorientador: Adriano Perin.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f. 120-126.

1. Plantas de cobertura.
2. Barreira vegetal.
3. Dejetos de suínos.
4. Conforto vegetal.

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

HIPÓLITO TADEU FERREIRA DA SILVA

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 29/08/2014.

José Guilherme Marinho Guerra (Dr.) Embrapa Agrobiologia
(Orientador)

Alexander Silva de Resende (Dr.) Embrapa Agrobiologia

José Milton Alves (Dr.) IF Goiano

Pedro Damasceno Júnior (Dr.) UFRRJ

Leonardo Oliveira Medici (Dr.) UFRRJ

AGRADECIMENTOS

Gratidão! Um predicado que Dona Maria tentou nos inculcar e que, infelizmente, às vezes, enquanto humano e imperfeito, involuntariamente, teimo em desobedecê-la, enfim, a perfeição é uma meta. Perdão pelos atos e sentimentos menos nobres!

Gratidão às forças da natureza, divindades e todas as energias, as quais não temos ideia de quantas existem e como atuam sobre nós, que fazem da caminhada terrena uma experiência fantástica, porquanto misteriosa, nos impulsionando rumo ao novo. Desafios e incertezas nos são apresentados a cada amanhecer, e daí é que temos a nítida impressão de que nos está sendo dada a chance de errarmos menos perante um novo turno. Tentando cumprir a intenção.

Agradeço:

A Espiritualidade Superior por ter-nos soprado à vida e nos incluído dentre as pessoas privilegiadas, repletas das inúmeras faculdades e passível de aperfeiçoamento.

As Famílias. Especialmente, àquela que nos é mais cara, o porto seguro das emoções mais profundas e ternas. E aqui vai um especial Muito Grato através do Pedido de Bênção, àqueles familiares que ora gravitam numa dimensão mais avançada da caminhada e, com certeza continuam, vibrando conosco a cada passo que damos e cuja pavimentação da trilha eles operaram incansavelmente e com fé. Por respeito à memória.

À minha família minimalista, a Esposa Cleide e Meu Filho Thiago, que embora pequena, me preenche com o que há de mais caro na existência, os mais nobres dos sentimentos, os quais eu não encontro unidades para dimensionar. Amo vocês!

À minha família original, ao que sobrou dela ainda encarnada e àqueles que foram gerados a partir dela, Magnólia, minha irmã, sobrinhos, cunhados que ainda acreditam que juntos somos mais fortes e, portanto, nos fortalecem.

À família à qual, inevitavelmente, agreguei-me quando do enlace, e que me adotou como parte importante, até porque eu participei na configuração do primeiro neto. Aos cunhados, concunhados e sobrinhos, por todas as energias emanadas e vibrações positivas a nós dispensadas, Acho que valeu!

À família do Instituto Federal Goiano do Campus Rio Verde, em especial, ao colega Professor Fabiano Guimarães Silva que, juntamente, com o Professor Jorge Jacob envidaram esforços imensos para viabilizarem a oportunidade ímpar de qualificar O Grupo do DINTER – Doutorado Interinstitucional, através do convênio com o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Ao colega e Professor Adriano Perin, que ajudou a gerar uma cria mais antiga que o próprio, e sob a chancela do seu Pai Científico, o Pesquisador e Professor José Guilherme Marinho Guerra, conduziu-nos a passos seguros desde a concepção, instalação, condução e conclusão do experimento de campo, garantindo-nos todo o suporte logístico (do Laboratório de Fitotecnia), material e humano no encaminhamento do projeto. O meu fraternal reconhecimento e pela fé na amizade. Amizade cultivada não apenas com os colegas, mas, principalmente, com a legião de discípulos que a ele se juntam para o crescimento profissional e humano. À equipe, que ao longo do trabalho, não mediou esforços para realizar atividades, às vezes, massantes (os ossos) e que, independente do dia e do horário, aconteceram de forma determinada pela turma. Colaboradores, estagiários, agora profissionais, como Gabriel, Ana Carolina, Diogo, o Capitão Nascimento, Hélder e turmas inteiras, principalmente, do Curso Técnico Agropecuário, coordenado pelo timoneiro Perin, surpreendentemente, realizaram operações inimagináveis e com o profissionalismo desejável. Cleiton, especialmente, foi gerado profissional no Técnico e será um grande Profissional da Agronomia.

Ao Professor Eduardo Severiano pela colaboração intelectual, logística do laboratório de Física de Solo e acima de tudo por proporcionar momentos de amizade e convivência com um grupo tão seletivo de colaboradores, orientados e colegas como José Flávio, Wainner, José Fausto, Wellington e àquela que foi um dos meus mais preciosos Anjos da Guarda, Renata Andrade, incomensurável gratidão.

Ao Professor Édson Souchie, colega e Coordenador de Ensino de Graduação e do Laboratório de Microbiologia de Solo pela disponibilização, logística, intelectual, material e humana, através de suas parceiras de trabalho, Izabel e meus outros Anjos da Guarda, Antonio Ricardo e, especialmente, Maria Gabriela Ceribelli, pelo devotamento ao trabalho e à ciência da rizobiota, minha imensa gratidão.

Ao Professor Alan Carlos Costa, pela disponibilização do aparato logístico do laboratório de Ecofisiologia em diversos momentos, da equipe, particularmente de Clarice, Johnatas e Gabriel, os quais nos acompanharam pelas manhãs mais produtivas da minha vida e que vieram a explicar os resultados desse trabalho de dois anos. É muito, particularmente, ao próprio Alan, pelas sábias contribuições pessoais na interpretação dos nossos resultados. A minha gratidão e amizade.

Ao Professor José Mílton pela disponibilização do Laboratório de Química e Fertilidade, pelo treinamento do meu outro Fiel Escudeiro, Cleiton, além da ajuda dos seus colaboradores, Vera, Hélder e Cia, nos trabalhos de preparação e digestão de amostras para análises químicas de tecidos vegetais, e acima de tudo pelas contribuições valiosas na Banca da Defesa da Tese. O meu cordial agradecimento.

Às professoras Fabiana e Kátia Cylene pela disponibilização do Laboratório de Bromatologia para a realização de determinações de componentes nitrogenados. Agradecimentos também a Carlos Medeiros, à mestra, Paula pelo apoio operacional.

À simpática equipe do Professor Marconi e Frederico do Laboratório de Hidráulica e Irrigação, nas pessoas de João Paulo, Murilo, Denner, Carolina, Natália, Nelmício, Fabiano etc., que nos acudiram em momentos críticos do trabalho. A todos, indistintamente, os nossos mais sinceros agradecimentos. E àquele que agora integrado ao grupo, o Cláudio Bigode, que ainda no curso Técnico Agropecuário me deu um dos mais valiosos exemplos de superação comportamental, e com certeza, será um ótimo profissional.

À equipe do Professor Osvaldo do Laboratório de Armazenagem, mais especificamente nas pessoas de Tarcísio e Douglas (Prefeito) pela disponibilidade e cordialidade que muito somaram ao trabalho desenvolvido.

Aos colegas do Laboratório de Fitossanidade, do Professor Márcio Peixoto e seus escudeiros, Estevão, o Salsicha, Romário e outros.

Aos colegas de trabalho de todos os outros Laboratórios e Setores que compartilharam comigo problemas e soluções como as Professora Kátia Pinho, Juliana Sales, Eduardo Leréia, Mônica Eleonora, o pessoal do Setor de Transportes, Weinner da Mecanização e tantos outros que não mediram esforços na solução de problemas circunstanciados pelo experimento e suas consequências. Agradecimento às coordenações dos cursos que de alguma forma foram “incomodados” pelo nosso envolvimento com o esse projeto de qualificação profissional. Na pessoa da Professora Adriana Lopes, muitíssimo grato pela compreensão. Agradecimento e pedido de Perdão aos alunos que, de alguma forma, foram prejudicados pela interposição de minhas atividades docentes com os trabalhos de campo relativas ao experimento.

Aos meus alunos da Gestão Ambiental pela participação em aulas de fitossociologia de ervas espontâneas, Marcos Flávio, Katiusce, Leonardo, Túlio e, principalmente, Rauander que me brindou com o mais surpreendente exemplo de espírito colaborativo, se dispondo a participar da preparação da área para o plantio do gergelim em plena quinta-feira Santa (feriadão). Isso é reconhecidamente amizade.

Da família goiana, viemos a constituir a extensão familiar na Embrapa e Universidade Rural, a quem sou, privilegiadamente, grato como também abençoado!

Primeiramente, à Legião da Agricultura Orgânica da Embrapa Agrobiologia, capitaneada pelo Pesquisador, Professor e meu Orientador José Guilherme Marinho Guerra, com seu impressionante poder de sintetizar ideias e agregar pessoas e uma enorme capacidade de ouvir o outro, dispensando a humanidade que é própria da relação entre pessoas, envidando respeito às diferenças e, acima de tudo, tratando todos com profissionalismo. Grato pela amizade dispensada na Orientação. A Lúcia Helena, nosso “Anjo da Guarda Morena”, com quem construímos uma amizade temperada a pequi. Ao “gentleman” encarnado em terras tupiniquins, o Pesquisador José Antonio Espíndola pelas contribuições e observações delineadas por ocasião das fases de qualificação e tese. Ao Pesquisador Ednaldo e Marcos Leal, pelas contribuições e assertivas por ocasião da qualificação e defesa. Ao motorneiro do Laboratório Rosinaldo pela prontidão e acolhimento.

À família do Laboratório de Química Agrícola, na serenidade e simpatia de Gisele, Monalisa, Ednélson e Andréia Tchê! Maravilhosos.

À “minha guru” da tradução de fatos em dados e na tradução desses em respostas cientificamente aceitas enquanto verdade. A Dra. Janaína Ribeiro e ao seu discípulo Eudócio, que, incansavelmente, compartilhando com tantas informações. A manifestação mais significativa de gratidão.

À família da Fazendinha, à qual me penitencio por não ter participado mais intensamente, mas das vezes que participei, percebi intensidade nas relações a partir do que sempre me senti muito à vontade com Ivana, Gabi, Ilzo e a generosidade em forma de gente, o Sr. Izaías, sempre sóbrio e sereno. Ali, conheci pessoas especiais voltadas para a olericultura orgânica como Eva do bocache e Sua Majestade o Dr. Raul de Lucena, o poço de sabedoria, o qual não tinha tido o prazer de tê-lo como mestre na Rural. Apenas o seu discípulo, o Professor Casali (UFV). À família também incluo a menina que vale mais que ouro, o “Anjo Dourado do Piquiri”, a quem aprendi a respeitar, enquanto referência de serenidade, devotamento e espírito público.

Agora, gratidão mesmo, devo à Divindade, por ter me incluído nas relações entre os seus anjos ao me conduziram à convivência com a moçada do Alojamento da Embrapa, onde, com certeza, rejuvenesci alguns anos, apesar da acumulação dos grisalhos. Mesmo vivendo e raciocinando analogicamente ao lado da moçada digitalizada, percebemos um acolhimento mais que respeitoso. Coisa de parceria e de sintonia de frequências diferentes. Ambiente aprazível e acolhedor ao extremo na convivência plural (cursos diferentes) e internacionalmente diversificada. Moçada animada e sem perder o foco, garantindo seriedade na busca de objetivos. Um ritmo no mínimo contagiente, principalmente dentro do espírito de colaboração e empatia.

Pessoas que com certeza, não terão simplesmente passado pela minha vida, mas que dentro de cada biografia, acumularam impressões as mais diversas, construídas a partir dos mais diversos saberes. Também pessoas especiais, que após longa acumulação de experiências no magistério ou academia, no *mister* da docência, e retornando aos bancos escolares expressam um ritmo menos acelerado. Ainda assim, com a humildade dos sábios, compartilham a essencialidade do olhar maduro, fruto da existência curtida e do desvalor ao acessório. Alguns, até carregam as marcas de um tempo menos brando da história recente, sem, no entanto, perder a ternura e o bom humor. Tião, Raimunda, Tiãozinho, Socorro, Éder, Vânia. Outros, amadurecendo com a força do tempo, como Murilo, Marcos, Mariela, Ana Paula, Alessandro, Márcio, Fabiano, Renan, Paulo e sua Nádia, todos convivendo harmoniosa e docemente com a “molecada” da Geração Y, que já nasce digitando o umbigo materno e voando baixo. Os Leonards – Terra e Chockness, os casais Rafael e Renata; Paula e

Mariana; Kandice e Jander, Silvana e Carlos e alguns outros reclusos. O Pedro Zen, Josemar, Wilke, Cezinha, Esdras, Alexandre Baraúna, Carol, Érica, Sandra, Carlinha, Jamile, Rosalba (minha filha cubana) e um coquetel latino americano proveniente de Cuba, Colômbia, México, Argentina etc, congraçando conosco a alegria da nossa latino-américa sofrida, mas valente na busca de caminhos próprios. As principais representantes desse espírito, quem sabe seja Luccero, Marcela, Caroline e Yenifer. E abençoando toda essa harmonia a mão macia e o pulso forte do “Anjo Dourado do Piquiri”, ela atende por Lívia Pian.

Aos colegas do Dinter, muitos deles como eu, desfrutamos da Paz do Alojamento, como Celso, Tiãozinho, Rodrigo e Socorro e também os que não tiveram o privilégio como Sebastião Vasconcelos. Um agradecimento especial ao Bruno Saleh pela facilitação de acesso ao dejeto certificado (com análise) e pela amizade, claro!

Um agradecimento carinhoso aos casais Renato e Nádia e Aurélio e Danielle que comigo e Cleide nos apoiamos perante as tensões e distensões durante um ano de luta.

Por falar em casal, o meu agradecimento especial, ao duplamente membro das minhas bancas, Professor Leonardo Médici, pela grandeza devotada à vida e à família, com a qual tivemos o prazer da convivência rápida, porém, enriquecedora, e a forma surpreendente de transcrição e devotamento ao trabalho. A minha admiração e respeito.

Ao Professor Adélson, pela seriedade e firmeza de propósitos na condução do Dinter, de cuja grandeza e humanidade, tornei-me testemunha fatal. A minha eterna gratidão por ter chegado à defesa. Pena não poder contribuir na Banca.

Além de Adélson e Leonardo Médici, agradeço também aos demais Professores que nos brindaram com suas primorosas presenças em Rio Verde - GO, Antonio Carlos Abboud, João Araújo, Regina Cavestré Coneglian, Jorge Jacob e, ao então, Reitor da época Ricardo Miranda que nos brindou com a aula inaugural do Programa Dinter.

Ao Professor Pedro Damasceno, Coordenador do Programa de Pós-Graduação da Fitotecnia, que com toda sua obstinação e rigor, vem, apesar da velha guarda, atingindo um desfecho do Dinter, dentro do ponderável, e mantendo o programa em bom conceito. Agradeço, principalmente, por aceitar contribuir conosco na Banca.

Ao Professor e pesquisador Alexander Silva de Resende, por aceitar compor a minha Banca de Defesa da Tese, compartilhando impressões, principalmente, àquelas relativas aos quebra-ventos em interfaces com os propósitos dos SAF (Sistemas Agro-florestais), bem como ao uso de plantas leguminosas de cobertura. Grata simpatia!

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Instituto Federal Goiano, na pessoa do seu Diretor Anísio Rocha pela ousadia de bancar um programa como o Dinter, que apesar dos sacrifícios pessoais e institucionais, engrandece a todos.

A CAPES e FAPEG, pelo apoio financeiro ao projeto e, à minha manutenção no período de afastamento das atividades, nosso reconhecimento e gratidão.

A todos que compartilhando de um sonho, sonhado junto, estamos nesse momento, agradecendo à vida e seus ensinamentos, e a tudo o que ela nos proporciona de inspiração e transpiração para que ajudemos na escritura da página de cada dia.

RESUMO

SILVA, Hipólito Tadeu Ferreira da. **Avaliação fitotécnica da sucessão milho e gergelim em consórcio com amendoim forrageiro e proteção de quebra-vento vegetal**. 2014. 111f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

A propriedade das plantas de cobertura de solo, perenes ou anuais, no condicionamento e na reciclagem de nutrientes, além de outros serviços ambientais, é inquestionável tanto nos casos de vastas extensões quanto nas pequenas unidades familiares de produção. A inclusão de outra opção na rotação de culturas na segunda safra, consorciada a leguminosa perene, protegidas por dupla barreira/quebra-vento conspiram em favor da desuniformização da paisagem e aumento da biodiversidade. O experimento foi instalado em Rio Verde - GO – Sudoeste Goiano, em delineamento de blocos casualizados e foram testadas combinações entre 4 fertilizações e 2 coberturas (com e sem *Arachis pintoi* - amendoim forrageiro) em duas áreas, com e sem proteção de barreira quebra-vento com eucalipto - *Eucalyptus sp.* e guandu comum – *Cajanus cajan*. Foram monitorados dados ambientais como velocidade do vento, temperaturas e umidades, do solo e da atmosfera da planta, aspectos químicos dos teores de nutrientes acumulados nas plantas, durante a sucessão milho (*Zea mays*) e gergelim – (*Sesamum indicum*), no ano 2012/2013, além de aspectos fisiológicos de plantas de gergelim, bem como da capacidade de supressão de ervas espontâneas pela planta de cobertura. Foi verificado que a planta de cobertura modera a temperatura do solo mesmo na profundidade de coleta de 0,10 m e compete por umidade no consórcio, fato abrandado pela adubação orgânica e seus resíduos, no milho. Nessa cultura, houve competição com a planta de cobertura, sendo essa competição superada pelo efeito do dejeto e, por sua vez, não exercendo significativa supressão de plantas espontâneas, devido à baixa pressão das ervas. A biomassa seca de parte aérea e biomassa de grãos da cultura do gergelim com proteção de quebra-vento superaram aquelas da área desprotegida. Dados de análises fisiológicas indicaram maior potencial hídrico foliar (turgidez) na cultura do gergelim sob o efeito da proteção quebra-vento, cuja tendência coincidiu com maiores produtividades na área protegida, fato atribuído ao “conforto vegetal” ou condicionamento ambiental anti-estresse hídrico. A disponibilização de P-fósforo, através do consórcio com amendoim forrageiro, para as plantas de gergelim no período seco, foi favorecida pela proteção do quebra-vento vegetal. A proteção quebra-vento vegetal com porosidade média de 40% reduziu em mais de 75% a velocidade pontual do vento nos momentos de avaliação simultânea.

Palavras-chave: Plantas de cobertura, barreira vegetal, dejetos de suínos, conforto vegetal.

ABSTRACT

SILVA, Hipólito Tadeu Ferreira da. **Plant Science evaluation of succession corn and sesame intercropped with pintoi peanut and protection of plant wind break.** 2014. 111f. Thesis (Doctor in Plant Science). Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

The ownership of the plants cover crops, perennial or annual, on conditioning and recycling of nutrients and other environmental services is unquestionable, both in cases of large tracts as small family units of production. The inclusion of another option in the crop rotation, intercropped with perennial legume and protected by double barrier / windbreak conspire in favor of desuniformization of landscape and increase biodiversity. The experiment was conducted in Rio Verde-GO - Southwest state of Goias, in randomized blocks and four types of fertilization and two covers were tested (with and without *Arachis pintoi* – pintoi peanut), in two areas with and without protection barrier windbreak eucalyptus - *Eucalyptus sp.* and common pigeon pea - *Cajanus cajan*. Was monitored environmental data such as wind speed, temperature and humidity of soil and plant atmosphere, chemical aspects of the nutrient levels accumulated in the plants were monitored during the succession maize (*Zea mays*) and sesame - (*Sesamum indicum*) in the year 2012 / 2013, and physiological aspects of sesame plants, as well as the capacity to suppress weed by cover plant. Was verified that the plant cover moderates the soil temperature even at the collection depth of 0,10 m and competes for moisture in the consortium, fact slowed on the organic manure and residues in corn. In this culture, there was competition with the cover crop, this competition being overcome by the effect of the manure, and in turn, not exerting significant suppression of weeds because of the low pressure of the herbs. The dry biomass of aerial parts biomass and grain yield of sesame with protective windbreak overcame those of the unprotected area. Physiological data analyzes indicated higher leaf water potential (turgor) in the culture of sesame under the effect of protective windbreak, whose trend coincided with higher productivities in the protected area, which was attributed to the "crop comfort" or no water-stressing environmental conditioning. The dry biomass of aerial parts and grain yield of sesame with protective windbreak overcame those of the unprotected area. Physiological data analyzes indicated higher leaf water potential (turgor) in the culture of sesame under the effect of protective windbreak, whose trend coincided with higher productivities in the protected area, which was attributed to the "crop comfort" or water anti-stress environmental conditioning. The availability of P-phosphorus, through intercropping with pinto peanut, sesame plants for the dry season, was favored by the protection of the windbreak. The protective windbreak plant with average porosity of 40% reduced by more than 75% the wind speed at times of simultaneous evaluation.

Key-words: Cover crops, vegetable barrier, pig manure, crop confort.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção anual de matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio de leguminosas anuais, perenes e nabo forrageiro para cobertura do solo com valores expressos em kg ha ⁻¹	09
Tabela 2. Valores de pH, cátions trocáveis e fósforo disponível das amostras de terra coletadas na camada de 0-0,20 m no mês de setembro de 2012, a partir dos tratamentos implantados, na ausência e presença de quebra-vento vegetal	21
Tabela 3. Valores de pH, cátions trocáveis e fósforo disponível das amostras de terra coletadas na camada de 0-0,20m no mês de setembro de 2012, a partir das áreas com ausência e presença de quebra-vento vegetal	30
Tabela 4. Valores da Temperatura do ar na cultura do milho na área sem proteção de quebra-vento comparando formas de fertilização	31
Tabela 5. Valores da temperatura do ar nas culturas do milho e do gergelim nas duas áreas/blocos, com e sem proteção quebra-vento	32
Tabela 6. Valores de umidade relativa do ar tomados a 1,0m do solo por ocasião do cultivo de milho na área protegida por quebra-vento vegetal, a partir da interação dos fatores planta de cobertura e fertilização	32
Tabela 7. Valores de umidade relativa do ar tomados a 1,0m do solo por ocasião do cultivo do milho e do gergelim nas duas áreas/blocos, com e sem proteção quebra-vento	34
Tabela 8. Valores das temperaturas do solo na cultura do milho nas áreas/blocos sem e com proteção de quebra-vento resultantes da interação entre planta de cobertura e formas de fertilização	36
Tabela 9. Valores das temperaturas do solo na cultura do gergelim nas áreas/blocos sem e com proteção de quebra-vento resultantes da interação entre planta de cobertura e formas de fertilização	36
Tabela 10. Valores das temperaturas do solo na cultura do gergelim nas duas áreas/blocos, com e sem proteção quebra-vento	37
Tabela 11. Teores de umidade gravimétrica do solo no período de cultivo do gergelim a partir dos fatores cobertura viva com amendoim forrageiro e proteção de quebra-vento	38
Tabela 12. Valores da umidade do solo na cultura do gergelim considerando o efeito da interação de planta de cobertura x formas de fertilização na área/bloco com proteção de quebra-vento	38

Tabela 13. Valores de produção de biomassa seca de parte aérea e produtividade de grãos na cultura do milho considerando o efeito da interação de planta de cobertura e formas de fertilização na área/bloco sem proteção de quebra-vento	40
Tabela 14. Valores de produtividades de biomassa seca de parte aérea e de grãos na cultura do milho considerando o efeito da interação de planta de cobertura e formas de fertilização na área/bloco com proteção de quebra-vento	41
Tabela 15. Valores de produção de biomassa seca de parte aérea, de cápsulas e grãos e biomassa total na cultura do gergelim considerando o efeito da interação de planta de cobertura e formas de fertilização na área/bloco sem proteção de quebra-vento	41
Tabela 16. Valores de produção de biomassa de grãos na cultura do gergelim na área/bloco sem proteção de quebra-vento considerando o fator planta de cobertura (consórcio)	42
Tabela 17. Valores de produção de biomassa seca de parte aérea, de cápsulas e grãos e biomassa total na cultura do gergelim considerando o efeito da interação de planta de cobertura e formas de fertilização na área/bloco com proteção de quebra-vento	42
Tabela 18. Valores de produção de biomassa de grãos, altura média das plantas e número médio de cápsulas por planta na cultura do gergelim considerando o efeito da interação de planta de cobertura e formas de fertilização na área/bloco com proteção de quebra-vento	43
Tabela 19. Valores dos componentes de produção da cultura do gergelim incluindo densidade e altura de plantas, produção de biomassa seca total, biomassa de grãos, biomassa seca por planta e cápsulas por planta no comparativo entre as áreas/blocos com e sem quebra-vento	43
Tabela 20. Porcentagens de cobertura de solo por gramíneas e latifoliadas espontâneas aos 40 dias da emergência da cultura do milho em área/bloco sem proteção de quebra-ventos considerando o efeito da interação entre formas de fertilização e planta de cobertura (consórcio)	45
Tabela 21. Porcentagens de cobertura de solo por gramíneas e latifoliadas espontâneas aos 40 dias da emergência da cultura do milho em área/bloco com proteção de quebra-ventos considerando o efeito da interação entre formas de fertilização e planta de cobertura (consórcio)	45
Tabela 22. Porcentagem média de cobertura de solo por gramíneas e latifoliadas espontâneas aos 40 dias da emergência do milho na comparação das áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento	45
Tabela 23. Teor de P e K na biomassa seca (colmo e folhas) de milho proveniente da área sem proteção de quebra-vento considerando a interação dos fatores formas de fertilização e planta de cobertura (consórcio)	47

Tabela 24. Teor de Mg na biomassa seca (colmo e folhas) de milho proveniente da área sem proteção de quebra-vento considerando o efeito de formas de fertilização	47
Tabela 25. Teor de N na biomassa seca (colmo e folhas) de milho proveniente da área com proteção de quebra-vento considerando o efeito de formas de fertilização	48
Tabela 26. Teor de K na biomassa seca (colmo e folhas) de milho proveniente da área com proteção de quebra-vento considerando a interação dos fatores formas de fertilização x planta de cobertura (consórcio)	48
Tabela 27. Teores dos macronutrientes P, Ca e Mg na biomassa seca (colmo e folhas) de milho, na comparação entre as áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento	49
Tabela 28. Teores dos macronutrientes P e K acumulados na biomassa seca de folhas verdes e cápsulas em granação de gergelim aos 80 dias após a emergência no comparativo entre as duas áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento	50
Tabela 29. Teores de K e Ca acumulados na biomassa seca de raízes de gergelim por ocasião da colheita no comparativo entre as duas áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento	50
Tabela 30. Teores de P acumulados na biomassa seca de parte aérea de gergelim nas áreas/blocos sem e com proteção quebra-vento considerando o efeito da interação dos fatores forma de fertilização e planta de cobertura	51
Tabela 31. Teores de Ca e Mg acumulados na biomassa seca de parte aérea de gergelim na área/bloco com proteção quebra-vento considerando o efeito da interação dos fatores forma de fertilização e planta de cobertura	51
Tabela 32. Teores de N e K acumulados na biomassa seca da parte aérea de gergelim na comparação entre as duas áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento	52
Tabela 33. Teores de P e K acumulados na biomassa seca de cápsulas de gergelim na comparação entre as áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento	53
Tabela 34. Teores de K acumulados na biomassa de grãos de gergelim na área/bloco sem proteção quebra-vento considerando o efeito da interação dos fatores forma de fertilização e planta de cobertura	53
Tabela 35. Teores de P e K acumulados na biomassa seca de grãos de gergelim nas duas áreas/blocos, com e sem proteção de quebra-vento	53
Tabela 36. Concentrações de clorofila A nas folhas de gergelim em área/bloco com proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e planta de cobertura	54
Tabela 37. Concentrações de clorofila B nas folhas de gergelim em área/bloco com	

proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e planta de cobertura	55
Tabela 38. Concentrações de clorofilas totais nas folhas de gergelim em área/bloco sem proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e planta de cobertura	56
Tabela 39. Valores da condutância estomática (gs) nas folhas de gergelim em área/bloco sem proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e plantas de cobertura	57
Tabela 40. Valores de transpiração nas folhas de gergelim em área/bloco sem proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e planta de cobertura	57
Tabela 41. Valores de transpiração nas folhas de gergelim em área/bloco com proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e planta de cobertura	58
Tabela 42. Valores da relação Carbono interno/Carbono externo (Ci/Ca) à câmara subestomática nas folhas de gergelim em área/bloco com proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação dos fatores formas de fertilização e planta de cobertura	59
Tabela 43. Valores da eficiência no uso da água – EUA – medida nas folhas de gergelim em área/bloco com proteção de quebra-vento, considerando o efeito da interação dos fatores formas de fertilização e planta de cobertura (consórcio)	60
Tabela 44. Valores de potencial hídrico – ψ_w - nas folhas de gergelim aos 80 dias na área/bloco sem proteção de quebra-vento comparando as formas de fertilização	61
Tabela 45. Valores de potencial hídrico – ψ_w - nas folhas de gergelim aos 80 dias no comparativo entre áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Taxa de precipitação pluviométrica na área experimental durante os ciclos das culturas do milho (01/11/2012 a 20/03/2013) e do gergelim (02/04/2013 a 15/08/2013) nas condições de campo	32
Figura 2 - Velocidade média do vento em diferentes datas de avaliação nas áreas protegida e sem proteção de quebra-vento por ocasião do período de cultivo do milho ..	34
Figura 3 - Velocidade média do vento em diferentes datas de avaliação nas áreas protegida e sem proteção de quebra-vento por ocasião do período de cultivo do gergelim	35
Figura 4 - Médias dos percentuais de umidade do solo de 0-0,20 m de profundidade das parcelas nas áreas/blocos sem e com proteção quebra-vento durante a cultura do milho	37
Figura 5 - Médias dos percentuais de umidade do solo de 0-0,20 m de profundidade das parcelas nas áreas/blocos sem e com proteção quebra-vento durante o período de cultivo do gergelim	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Caracterização do contexto socioambiental da produção agrícola regional	03
2.2 Rotações de culturas e biodiversidade	03
2.3 Consórcios e plantas de cobertura de solo	06
2.4 Leguminosas herbáceas para cobertura viva do solo	08
2.5 Fixação Biológica de Nitrogênio – FBN e ciclagem de nutrientes	11
2.6 Supressão de ervas espontâneas	14
2.7 O vento e os quebra-ventos	14
2.7.1 O vento e as plantas	14
2.7.2 Uso de quebra-ventos	16
2.7.3 Quebra-ventos e a água	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Tratamentos, delineamento experimental e croqui da área	22
3.1.1 Tratamentos	22
3.1.1.1 Considerações sobre a natureza dos diversos tratamentos	23
3.1.2 Proteção quebra-vento	24
3.1.3 Delineamento experimental e croqui	24
3.1.3.1 Delineamento experimental	24
3.2 Avaliações	25
3.2.1 Monitoramento de dados climáticos	25
3.2.1.1 Temperatura e umidade relativa do ar, posição e velocidade do vento	25
3.2.1.2 Temperatura e umidade do solo	25
3.2.2 Avaliação de produção	26
3.2.2.1 Milho	26
3.2.2.2 Cultura de sucessão (Safrinha) – Gergelim	26
3.2.2.3 Amendoim forrageiro	27
3.2.3 Tratos fitossanitários	27
3.2.4 Supressão de ervas espontâneas	27
3.2.5 Manejo de palhadas	27
3.2.6 Métodos de análises agronômicas	28
3.2.6.1 Produção de matéria seca e grãos	28
3.2.6.2 Avaliação de composição mineral de tecido vegetal	29
3.2.7 Métodos de análises fisiológicas no gergelim	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Análises de solo	30
4.2 Variáveis climáticas	30
4.2.1 Pluviometria	30
4.2.2 Temperatura do ar	31
4.2.3 Umidade do ar	32
4.2.4 Velocidade do vento	34
4.2.5 Temperatura do solo	35

4.2.5.1 Período de cultivo do milho	35
4.2.5.2 Período de cultivo do gergelim	36
4.2.6 Umidade do solo	37
4.2.6.1 Período de cultivo do milho	37
4.2.6.2 Período de cultivo de gergelim	37
4.3 Desempenho produtivo do milho e do gergelim	39
4.3.1 Milho sem proteção quebra-vento	39
4.3.2 Milho com proteção quebra-vento	40
4.3.3 Gergelim sem proteção quebra-vento	41
4.3.4 Gergelim com proteção quebra-vento	42
4.3.5 Amendoim forrageiro	44
4.4 Supressão de ervas espontâneas	44
4.5 Manejo de palhada	46
4.6 Análise química de tecido vegetal	46
4.6.1 Milho	46
4.6.1.1 Milho sem proteção quebra-vento	46
4.6.1.2 Milho com proteção quebra-vento	48
4.6.2 Gergelim	49
4.6.2.1 Gergelim aos 80 dias após a emergência	49
4.6.2.2 Gergelim na colheita	50
4.7 Análises fisiológicas no Gergelim (aos 80 dias pós-emergência)	54
4.7.1 Clorofilas A, B e totais	54
4.7.1.1 Clorofila A	54
4.7.1.2 Clorofila B	55
4.7.1.3 Clorofilas totais	55
4.7.2 Atividade fotossintética – Taxa de assimilação de CO ₂ (A)	56
4.7.3 Condutância estomática (gs)	56
4.7.4 Transpiração (E)	57
4.7.5 Relação Carbono interno (Ci) e Carbono externo (Ca) – Ci/Ca	58
4.7.6 Atividade do fotossistema II (Fv/Fm)	59
4.7.7 Eficiência no uso da água (EUA)	60
4.7.8 Potencial hídrico ou potencial de água na planta (ψ_w)	60
5 CONCLUSÃO	63
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	83
Anexo 1	83
Anexo 2	84
Anexo 3	86
Anexo 4	87
Anexo 5	88

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, alguma proposta no rumo da sustentabilidade dos agroecossistemas, subentende a busca de caminhos que permitam a recuperação dos mecanismos naturais de autorregulação, ou ao menos, consigam remediar o efeito de impactos antrópicos.

A agricultura do Sudoeste Goiano, caracterizada, ora por seus componentes de escala ora de subsistência, cada um a seu modo, se encontra diante de desafios movidos pelas alterações de componentes agroecológicos como a perda acentuada da capacidade de retenção de umidade do solo e a elevação das temperaturas, aspectos direta ou indiretamente relacionados às mudanças climáticas.

Por outro lado, a necessidade de recompor elementos da biodiversidade no ambiente agrícola, de maneira a viabilizar a convivência com antagonistas biológicos (pragas, doenças/nematóides), bem como, diminuir desequilíbrios nutricionais, apontando para recuperação de práticas como de rotação/sucessão, ou consorciação de culturas, uso de quebra-vento e outras, enquanto alternativas áquelas monoculturais, e normalmente extensivas, melhorando assim, a proteção do solo e a estabilidade dos agroecossistemas.

A cultura do milho, em suas diversas inserções, tem importância econômica indiscutível na agricultura brasileira, destacando-se, ora como “commodity”, incorporada às diversas cadeias produtivas, ora como componente básico dos sistemas de produção familiar que priorizem a segurança alimentar.

Interpretada como cultura onerosa e de risco, dentro do modelo agroexportador, por apresentar alta sensibilidade a estiagens em períodos específicos, além da instabilidade nas cotações, esta tem sido, via de regra, preferida pela cultura da soja, menos sujeita aos riscos climáticos durante o ciclo, mesmo para os casos em que o milho é cultivado com semeadura direta na palha, normalmente usada na região, sucedendo a outra gramínea como o sorgo e o milheto.

Como alternativa à rápida decomposição da matéria orgânica proveniente de restos de cultura e para garantir a proteção constante do solo cultivado, buscou-se testar uma espécie de planta leguminosa perene de cobertura.

Em substituição às adubações nitrogenadas em cobertura, interpreta-se que o cultivo de uma espécie de cobertura leguminosa perene (ex. amendoim forrageiro – *Arachis pintoi*) consorciada ao milho poderá garantir além do N – nitrogênio disponibilizável para a gramínea, uma considerável proteção de solo quanto à temperatura, bem como, uma leve ação supressora de invasoras, além da possível disponibilização de P – fósforo, fatores esses que, por si só, podem representar redução de dispêndios.

O cultivo de amendoim forrageiro, quando manejado adequadamente, pode também gerar receita numerária quando da comercialização de sementes ou de estolões para mudas, seja para jardinagem ou para formação de pastagens consorciadas.

A inclusão da cultura do gergelim como alternativa à sucessão do milho se deve ao fato de haver uma demanda latente do referido grão, num sistema comercial estabelecido. Possuidor de propriedades industriais, culinária e cosméticas singulares, a pedaliácea representa mais uma opção de “safrinha”, principalmente, no sistema de produção familiar.

A perda de umidade do solo/planta por evapotranspiração se relaciona à capacidade de retenção de água no solo por colóides e agregados que, por sua vez, tem

sua tensão acrescida, à medida que a temperatura aumenta e a proteção diminui, mesmo em se tratando do sistema de semeadura direta.

A proposta do uso de quebra-vento combinado com o uso de planta de cobertura leguminosa perene é apresentada como alternativa ao controle da temperatura e do ressecamento do solo, colaborando na proteção do sistema solo-planta.

Este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho fitotécnico da sucessão milho (*Zea mays L.*) e gergelim (*Sesamum indicum L.*) consorciados com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi Krap. & Greg.*), protegidos ou não por quebra-vento vegetal nas condições do Sudoeste Goiano.

No que tange à hipótese, a combinação de proteção do solo através de planta de cobertura herbácea perene com o uso de quebra-vento vegetal melhora o desempenho da sucessão milho-gergelim em condições edafoclimáticas do Sudoeste Goiano.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização do contexto socioambiental da produção agrícola regional

O Sudoeste Goiano apresentou diferenciadas etapas na sua formação econômica. Primeiro, a exploração da pecuária extensiva que vai da ocupação até meados do século XX, seguido pela produção de arroz, milho e feijão e nas últimas décadas, com a incorporação de tecnologias avançadas no campo (modernização conservadora), baseada na produção em larga escala, estabeleceu as bases para o domínio do agronegócio pela integração da agricultura com a indústria (GONÇALES, 2003; DELGADO, 2005).

A consequência desse modelo a partir da década de 1970 foi o avanço da soja em substituição ao arroz no Cerrado, atraindo agricultores paulistas e da Região Sul, com tradição na cultura da soja, trazendo consigo maquinários, tecnologia, recursos e experiências que transformaram a região (HESPAÑOL, 2000). Em que pese o município gerar a produção de 1% da safra nacional de grãos, as transformações nas estruturas sociais de produção familiar e suas formas de resistência foram percebidas, bem como, as consequências de sua desarticulação, nada comparável às desordens ambientalmente insustentáveis que o novo modelo impôs e cujas mudanças a uniformização da paisagem e as diversas formas de contaminações denunciam (BATISTA; MATTOS JUNIOR, 2007; CAMARGO, 2012).

2.2 Rotações de culturas e biodiversidade

O uso e a ocupação agrícola do Cerrado têm tido, nos últimos anos, grande avanço, porém sem considerar aspectos corretos de manejo e conservação do solo. A busca de novas tecnologias é fundamental na agricultura moderna desde que estabelecida em bases conservacionistas através de práticas tecnicamente adequadas (SODRÉ FILHO et al., 2004).

A rotação de culturas consiste em alternar, anualmente, espécies vegetais, numa mesma área agrícola. As espécies escolhidas devem ter, ao mesmo tempo, propósito utilitário e atributos de recuperação do solo. A rotação envolve o cultivo de diferentes espécies numa mesma safra e, portanto, aumenta o número e a complexidade das tarefas na propriedade. Exige o planejamento do uso do solo, segundo princípios básicos, onde deve ser considerada a aptidão agrícola de cada gleba.

Dentre os critérios ecológicos, econômicos e agronômicos para o planejamento da diversificação de culturas, podem ser relacionados: requerimentos diferenciais de nutrientes, capacidade de cobertura do solo, expectativas de preços de comercialização da produção e lucratividade. No entanto, uma das principais finalidades do estabelecimento de áreas/ períodos com diferentes culturas é reduzir os recursos disponíveis tanto para artrópodes quanto para microrganismos maléficos às lavouras específicas, reduzindo assim, suas populações e seus danos, ainda que existam organismos-pestes generalistas, muitos deles obtêm recursos de plantas da mesma família botânica (CAI; MINSHENG; CUI, 2010).

Uma das vantagens da rotação de culturas é salientada no período de entressafra, geralmente, no inverno, quando maior diversificação das atividades da propriedade é recomendável em sistemas que objetivem uma agricultura sustentável. A utilização de culturas destinadas à cobertura do solo é estratégica na melhoria da qualidade ambiental, atenuando-se problemas do monocultivo e, em muitos modelos sustentáveis de produção, a diversificação de culturas, baseia-se na combinação de culturas de diferentes famílias botânicas no tempo e no espaço (CHAVES; CALEGARI, 2001).

A agrobiodiversidade, segundo Boef (2007), será atingida na medida em que se perseguir a diversidade de sistemas de produção ou agroecossistemas; diversidade de plantas cultivadas, de animais e outras espécies, diversidade varietal e outras diversidades genéticas, também pela utilização de materiais estáveis e adaptados às condições ecológicas da região, desuniformizando a paisagem no espaço e no tempo. Nesse aspecto, Spehar e Trecenti (2011), avaliando a viabilidade de combinações sucessionais no Cerrado do Planalto Central, obtiveram biomassas de parte aérea de gergelim satisfatórias ($\pm 2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$) nas sucessões de feijão e de milho (variedade) sob palhada de *Urochloa ruziziensis*, tendo o milho variedade (menor índice de colheita) superado em biomassa a produção dos híbridos, salientando ainda que, apesar da pouca massa, o gergelim representa uma opção de sucessão dentro de programas de rotação de culturas, devido ao seu alto valor agregado nos grãos ($0,8 \text{ Mg ha}^{-1}$).

Ainda, analisando sistemas de rotação e consórcios, Silva et al. (2011a), em experimento conduzido no Brejo Paraibano, demonstraram que esses sistemas favorecem a acumulação de matéria orgânica na forma de fitomassa na superfície do solo manejado sob o sistema de plantio direto. Embora o acúmulo de fitomassa em certas condições seja muito lento, ele é determinante para a infiltração e preservação de água no solo, menor erosão, menor temperatura e maior umidade na camada superficial (VIEIRA et al., 1991; SCHICK et al., 2000).

O aumento do teor de C orgânico do solo pode ser efetivado em sistemas conservacionistas de produção que incluem o cultivo de plantas de cobertura (DIEKOW et al., 2005) e a aplicação de resíduos orgânicos, como dejetos de suínos (SCHERER; NESI; MASSOTTI, 2010).

Espécies de cobertura do solo que apresentem maior produção de biomassa (principalmente espécies de verão) tendem a promover maiores acúmulos de carbono e nitrogênio no solo e a diversidade dessas espécies, quando associada ao sistema de plantio direto, sucessão, rotação e consórcio de cultivos, condicionam o manejo eficiente do solo para a máxima exploração de seu potencial ao propiciar condições mais favoráveis ao desenvolvimento das culturas e o estoque de carbono e nitrogênio inicialmente nas camadas superiores e, com o tempo de adoção, nas camadas mais profundas do perfil (RIBEIRO et al., 2011).

O dejeito líquido de suíno, usado em regiões de criação intensiva, resulta da mistura de fezes, urina, restos de rações, pelos e descamação de animais, e, principalmente, de água de lavação das baías; contém matéria orgânica, além de nutrientes, como N e P, especialmente, micronutrientes, o que pode melhorar propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e aumentar a produtividade das culturas (CASSOL et al., 2012; SCHERER et al., 2010).

A inclusão de leguminosas como adubo verde fornece o nitrogênio orgânico utilizado, preferencialmente, pelos microrganismos sintetizadores das frações huminas, mais estáveis e mais ricas em N, da MOS - Matéria Orgânica do Solo (MACEDO, 2007). O uso de leguminosas, combinado com maior diversidade de espécies em sucessão ou rotação de culturas, aumenta de forma significativa à retenção de carbono e

nitrogênio no solo, com implicações importantes para o balanço destes elementos em escala regional e global à produção sustentável bem como à qualidade ambiental (AMADO et al., 2001). Isso, de certo modo, ajuda a explicar as constatações de Silva et al. (2011b) que após sete anos de cultivo de milho, verificaram que o cultivo intercalar de leguminosa (guandu) adicionou porções expressivas de N, suficientes para nutrir as plantas da gramínea.

Jantalia et al. (2003) observaram que os sistemas de rotação de culturas com maior diversidade de espécies em relação à sucessão trigo-soja, promoveram estoques de carbono e nitrogênio, significativamente, maiores em Plantio Direto, enquanto em Plantio Convencional estes efeitos foram nulos. Estes sistemas de rotação envolveram espécies leguminosas e gramíneas utilizadas como adubação verde e cobertura morta. A diversidade de resíduos com diferentes valores de relação C/N, pode minimizar a perda de nitrogênio que ocorre após a intensa mineralização da palhada de baixa relação C/N (LADD; OADES; AMATO, 1981; ARAÚJO et al., 2011).

A redução de perdas dos nutrientes pode ocorrer, principalmente, de duas maneiras: 1) pela presença de compostos de C dos resíduos da cultura anterior, que pela atividade microbiana ocorrerá a imobilização do N em excesso, o que contribui para a formação de compostos húmicos; e 2) o aproveitamento pelas plantas cultivadas do nitrogênio liberado durante a mineralização dos resíduos da leguminosa (AMADO et al., 1999).

O efeito da leguminosa como cultura de cobertura, no que tange aos estoques de C, fica mais evidente no plantio direto (PD) que no plantio convencional (PC), pois nesse último, as concentrações do elemento do solo tendem a reduzir em comparação com a vegetação nativa, o que indica que os estoques de carbono e nitrogênio nos solos parecem estar relacionados ao sistema de preparo do solo tanto quanto às espécies de cobertura (TESTA; TEIXEIRA, MIELNICZUK, 1992; JANTALIA et al., 2004).

A adição diferenciada de resíduos vegetais ao solo, durante os 18 anos de condução de um experimento, afetou os estoques de C orgânico no solo na camada de 0-20 cm, os quais variaram de 27,8 t ha⁻¹ (plantio convencional aveia/milho) a 36,1 t ha⁻¹ (plantio direto ervilhaca/milho), mostrando mais uma vez, o efeito da leguminosa que, pelo fornecimento de nitrogênio, aumenta a produção de fitomassa na área (COSTA et al., 2008).

Lovato et al. (2004) observaram que 50% do nitrogênio adicionado pelas culturas ficaram retidos como nitrogênio total no solo. Os autores demonstraram que determinados compartimentos da MOS são capazes de indicar, mais rapidamente, as mudanças nos conteúdos de carbono no solo associadas ao manejo. As reduções nestes compartimentos são, de modo geral, maiores que as observadas, quando se considera apenas o conteúdo total de carbono do solo. Numa escala crescente de sensibilidade, obtém-se, em primeira ordem, a biomassa microbiana do solo (BMS), bastante variável e sensível, considerada como compartimento mais ativo na dinâmica da matéria orgânica do solo - MOS (LUNDQUIST et al., 1999) e, em seguida, representando uma medida de sensibilidade intermediária, obter-se-ia a matéria orgânica leve - MOL (FREIXO et al., 2002).

A biomassa microbiana é considerada catalizadora do solo, tendo grande importância no processo da decomposição dos resíduos orgânicos e na ciclagem de nutrientes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Nesse prisma, Anderson e Domsch (1993) afirmaram que o incremento no carbono e nitrogênio microbiano, após mudanças no sistema de uso do solo, induz o aumento subsequente no carbono e nitrogênio orgânico e vice-versa.

De acordo com Silva et al. (2007), o uso de determinadas plantas pode favorecer esse processo. Estilosantes, sorgo, mombaça e milheto como culturas antecessoras ao cultivo do feijoeiro foram superiores quanto ao carbono da biomassa microbiana quando comparados ao guandu, brachiaria consorciada com milho e brachiaria solteira.

2.3 Consórcios e plantas de cobertura de solo

Uma vantagem que justificaria o uso de consórcio é que se obtém um rendimento mais elevado a partir da mistura de culturas em uma área do que o de uma área igual, dividido entre monoculturas dos mesmos componentes, na proporção em que ocorrem na mistura. Os consórcios, via de regra, são estimulantes quando acarretam complementaridade funcional entre os seus componentes e ao mesmo tempo atenuem a competição de recursos entre eles (SALGADO et al., 2006).

Nesse diapasão, o grau de interferência na competição interespecífica depende de fatores relacionados à comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição) e à própria cultura (gênero, espécie ou cultivar, espaçamento entre sulcos e densidade de plantio). Depende também da duração do período de convivência, da época em que este período ocorre, sendo modificada pelas condições edafoclimáticas e pelos tratos culturais (KUVA et al., 2003).

É importante atentar quanto à eficiência no uso dos recursos, quando comparados consórcios com cultivos solteiros, refere-se ao aproveitamento mais eficaz dos recursos naturais (HUMPHRIES et al., 2004), favorecimento de populações de organismos benéficos no agroecossistema (ZHANG et al., 2004; CAI; MINSHENG; CUL, 2010), redução de insetos-praga (HOOKS; JOHNSON, 2003), e maior proteção contra a erosão (IJIMA et al., 2004).

Competição por recursos não deve ser confundida com alelopatia que, de acordo com Ferreira e Aquila (2000), seria qualquer efeito direto ou indireto danoso ou benéfico que uma planta (incluindo microrganismos) exerce sobre outra pela produção de compostos químicos liberados no ambiente. O que diferencia a alelopatia da competição entre plantas é o fato da competição reduzir ou remover do ambiente um fator de crescimento necessário a ambas às plantas (luz, água, nutrientes, etc.), enquanto a alelopatia ocorre pela adição de um fator ao meio. Na prática, não é fácil distinguir se o efeito nocivo de uma planta sobre a outra cabe à alelopatia ou à competição (SOUZA; VELINI; MAIOMONI-RODELLA, 2003).

Outro aspecto a ser considerado nas misturas de consórcios é a compensação que ocorre quando da competição entre espécies de plantas de estruturas bastante diferentes, onde uma se apresenta como dominante, na disputa por luz, por exemplo, quando o ganho de produtividade da planta dominante, normalmente maior/mais alta, compensa a perda de produtividade da mais baixa (PARK; BENJAMIN, WATKINSON, 2001; GUSTAFSON; GIBSON; NICKRENT, 2004).

Beltrão et al. (2010), estudando consórcios com gergelim, interpretam que o sistema pode ser usado, porém, há necessidade de se gerar conhecimento para tais combinações, pois, no compartilhamento de espaço, ocorrem interações cooperativas e competitivas que necessitam de ser quantificadas para que se tenha o máximo de eficiência no uso da terra, e com maior rentabilidade para o produtor, além da maior segurança na produção e redução dos riscos.

Consórcios são considerados sistemas mais produtivos, tanto pelo aumento na produção por unidade de área, quanto pelo aumento da eficiência no uso dos recursos e melhora da renda do produtor (BHATTI, et al., 2013).

Beltrão et al. (2010) asseveram que leguminosas como *Phaseolus sp.* e *Vigna sp.* adaptam-se bem com a Pedaliaceae em sistemas de consórcio desde que sejam respeitadas as condições espaciais (arranjos), ambientais (umidade) e temporais (semeadura simultânea ou não) e apresentam também a opção do milho em plantio direto como uma alternativa comprovada para a proteção da matéria orgânica e umidade do solo antecedendo ao gergelim.

Ribeiro et al. (2011) afirmam que plantas de cobertura/adubos verdes que podem ser consorciadas, desempenham ações em diferentes aspectos da fertilidade do solo. Os efeitos estão relacionados à proteção do solo contra os impactos das chuvas e também com a incidência direta dos raios solares; rompimento de camadas adensadas e compactadas ao longo do tempo; aumento do teor de matéria orgânica do solo; incremento da capacidade de infiltração e retenção de água no solo; diminuição da toxicidade do alumínio e manganês devido ao aumento de complexificação e elevação do pH; promoção do resgate e da reciclagem de nutrientes de fácil lixiviação; extração e mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo e subsolo, tais como cálcio, magnésio, potássio, fósforo e micronutrientes; extração do fósforo fixado; fixação do nitrogênio atmosférico de maneira simbiótica pelas leguminosas; inibição da germinação e do crescimento de plantas invasoras, seja por efeitos alelopáticos, seja pela simples competição por luz.

No sistema de produção orgânico, consórcios de hortaliças têm sido apresentados como viáveis justamente quando rotacionados com plantas de cobertura de alta capacidade de reciclagem de nutrientes. Salgado et al. (2006), combinando alface com cenoura e rabanete sobre resíduos de capim camerom e mucuna, adubado com termofosfato calcário e estercos, atingiram índices comerciais dos produtos equivalentes ao convencional e UET – Uso Eficiente da Terra, superiores a 1,5, apresentando também um aporte positivo de nutrientes ao solo.

Ainda dentro da proposta de cultivo orgânico de pimentão no consórcio com *Crotalaria juncea*, Cesar et al. (2007), adequando adubação de base com farinha de ossos e estercos bovino e de aviário em cobertura, acrescentaram os resíduos do manejo da crotalária aos 27 e 45 dias do transplantio das mudas de pimentão, obtendo ganhos em produtividade e qualidade.

De modo geral, as plantas de adubação verde ou de culturas de cobertura, utilizadas para formar palhada para o Sistema de Semeadura Direta (SSD), desempenham um papel fundamental na ciclagem de nutrientes, tanto daqueles adicionados por meio dos fertilizantes minerais e não aproveitados pelas culturas comerciais, quanto daqueles provenientes da Mineralização da Matéria Orgânica do solo (MOS) (VON OSTERROHT, 2002; TORRES; PEREIRA; FABIAN, 2008).

Várias são as possibilidades de espécies vegetais serem utilizadas como adubos verde, entretanto, o uso das leguminosas ou fabáceas como plantas de cobertura do solo revela-se uma estratégia importante para proporcionar sustentabilidade aos agroecossistemas, o que se deve à ampla capacidade desse grupo vegetal estabelecer simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (gasoso) do solo.

No entanto, segundo Argenta et al. (2001), nas condições de Cerrado, o uso de espécies leguminosas é pouco frequente como cobertura durante a estação seca, por suas limitações quanto ao crescimento inicial lento e maior custo de aquisição de sementes em relação a outras espécies, além da alta taxa de decomposição de seus resíduos.

De acordo com Carvalho e Sodré Filho (2000), na Região do Cerrado, as espécies utilizadas como cobertura do solo devem apresentar rusticidade, crescimento inicial rápido e alta produção de biomassa na época da seca ao que Amabile, Fancelli e Carvalho (2000) apontam como uma das principais limitações o ajuste da época de semeadura.

Além disso, outros benefícios das plantas de cobertura tanto ao solo e às culturas é o incremento à agregação e ao carbono orgânico do solo, aporte de biomassa às áreas cultivadas, a manutenção da umidade do solo, diminuição das temperaturas máximas e da amplitude térmica, proteção permanente contra os principais fatores da desagregação dos solos e controle de plantas espontâneas (CARVALHO; SODRÉ FILHO, 2000; WARDA et al., 2012).

Das espécies leguminosas herbáceas utilizadas como adubação verde, existem aquelas de ciclo perene e outras anuais, ou seja, que completam o ciclo em poucos meses (ESPÍNDOLA et al., 2005b).

2.4 Leguminosas herbáceas perenes para cobertura viva de solo

A prática de consórcios e rotação de culturas, substituindo a sucessão soja-trigo ou soja-sorgo ou soja-milheto, ano após ano, pode ser importante no controle de pragas, doenças e ervas espontâneas. Contribui também no manejo da fertilidade do solo, pela capacidade de reciclar os nutrientes minerais da camada arável e os que tenham percolado para horizontes abaixo dela. Dentre as espécies utilizadas nos consórcios, predominam as leguminosas herbáceas anuais em detrimento das perenes (RIBEIRO et al., 2011).

Os dados comparativos abaixo, foram compilados e adaptados dos trabalhos de Favero et al. (2000); Borkert et al. (2003); Perin et al. (2003) e Cruciol et al. (2005). Do trabalho de Favero et al., (2000), a produção de biomassa e aporte de nutrientes, referem-se às parcelas capinadas (feijão de porco, feijão bravo, Lab-lab, mucuna preta e guandu), para equiparar à operação de capina quase sempre indispensável no estabelecimento inicial do amendoim forrageiro de difícil cobertura inicial do solo, como a maior parte das leguminosas perenes.

Na comparação das plantas de cobertura de ciclo anual com perenes, as anuais proporcionam uma ciclagem, produto da mineralização, mais rápida de nutrientes, o que possibilita um melhor escalonamento/programação, viabilizando combinações mais maleáveis no consórcio e na rotação de culturas. Quanto à supressão de invasoras, tanto as anuais quanto as perenes, em função da espécie envolvida, apresentam ação alelopática contra ervas espontâneas e nesse aspecto o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. & Greg.) também se destaca. Importante frisar o ônus do manejo/colheita das plantas anuais no momento adequado para evitar o ressemeio espontâneo e incontrolável, além dos custos da ressemeadura anual (TEODORO et al., 2011).

Tabela 1. Produção anual de matéria seca, carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio de leguminosas anuais, perenes e nabo forrageiro para cobertura do solo com valores expressos em kg ha⁻¹.

Espécie	M.seca	C	N	P	K	Ca	Mg
Produção anual - kg ha ⁻¹							
Feijão de porco	7.564	2.781	206	5,6	62	76	7,2
Feijão bravo	8.808	3.213	222	6,8	74	113	8,5
Lab-lab	3.713	1.327	109	4,1	35	41	4,5
Mucuna Preta	6.515	2.588	196	6,7	53	34	5,8
Feijão guandu	5.118	2.636	137	4,7	38	22	3,6
Tremoço	10.094	1112	338	17	192	119	27
Ervilhaca	5328	782	253	19	124	162	14,8
Amendoim Forrageiro	10.000	1200	290	19	124	135	25
Nabo Forrageiro	2938	312	57,2	15,3	85,7	37,4	12,5

Fonte: Adaptado de Favero et al. (2000); Borkert et al. (2003); Perin et al. (2003); Cruciol et al. (2005).

As leguminosas herbáceas perenes de cobertura têm sido estudadas principalmente para pomares (ESPÍNDOLA et al., 2006; PERIN et al., 2009) e cultivos florestais (RICHARD; BEVEGE, 1967), sendo empregadas também como espécies forrageiras na alimentação animal (UNDI et al., 2001; PEREIRA, 2002), ou como cobertura viva manejada na produção de hortaliças (SILVA, 2012). São poucos os resultados disponíveis do consórcio de espécies leguminosas perenes com culturas anuais, entretanto, um exemplo de incremento à produtividade da ordem de 60% e melhora significativa na qualidade dos grãos de arroz (de medíocre para excelente, quanto à resistência às principais doenças da cultura) foram também obtidos do consórcio da gramínea em plantio direto sobre amendoim forrageiro vivo (SEGUY; BOUZINAC; MARONEZZI, 1999).

Consórcio de coberturas perenes conjugadas, a grama batatais (*Paspalum notatum*) e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) gerou uma produção de feijão-vagem equivalente à adubação de 26 Mg ha⁻¹ de cama de aviário aplicada de forma parcelada (OLIVEIRA et al., 2006). Produtividade e qualidade de berinjela em cultivo agroecológico foram atingidas pela conjugação de cama de aviário (600 g planta⁻¹), amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) como planta perene de cobertura, atingindo uma produção superior a 60 Mg.ha⁻¹ com predominância de frutos de tamanho comercial superior, indicando que o consórcio é viável se comparado ao preparo convencional de solo (SANTOS et al., 2013).

Solino et al. (2010), conjugando leguminosa perene de cobertura (*Arachis pintoi*) com doses de composto orgânico em cultivo de rúcula para avaliar a produção da hortaliça e supressão de ervas espontâneas em sistema orgânico, obtiveram satisfatória produção de matéria seca da asteracea na combinação 20 Mg ha⁻¹ de composto com amendoim forrageiro, produção semelhante à manutenção de ervas espontâneas, sugerindo a ocorrência de competição entre as espécies.

Espíndola et al. (2005b), alertara para o fato de que consórcios entre adubos verdes leguminosas (anuais e perenes) e culturas anuais, devem ser evitados em períodos de reduzida disponibilidade de água, pois pode ocasionar queda de produção da cultura, devido à competição por água. Por outro lado, os autores apresentam dentre outras, a consorciação entre milho e feijão de porco, confirmando resultados físicos semelhantes àqueles obtidos pela adição de 80 Kg de N/ha na forma de ureia.

Limitações hídricas também se apresentam dentre os fatores limitadores da FBN, segundo Hendricks e Boring (1999), além da acidez do solo, presença e/ou limitação de nutrientes, bem como a especificidade de estípulas fixadoras. Em relação ao déficit hídrico, indicaram que em situação de seca a atividade de FBN diminui, concomitantemente, com o potencial hídrico da folha, interferindo em outros processos como a síntese proteica.

Segundo Schulze (1991), um vegetal com alto suprimento de nutrientes mantém os estômatos abertos com valores de potencial de água no solo mais baixos que plantas mal supridas.

Dentre as espécies leguminosas perenes, algumas têm características que podem ser potencializadas para a utilização como cobertura permanente do solo através de rebrota ou ressemeio espontâneo e sem ônus, sendo manejadas com roçadas anuais, compensando ao longo do tempo a baixa produtividade inicial de biomassa e, consequentemente, pequena estocagem e disponibilização iniciais de nutrientes, quando comparadas às leguminosas forrageiras anuais sem o prejuízo da rápida desproteção do solo (GUERRA; TEIXEIRA, 1997).

A presença de material orgânico fornecido pelas leguminosas herbáceas favorece a atividade dos organismos do solo, uma vez que, seus resíduos servem como fonte de energia e nutrientes (KIRCHNER; WOLLUM; KING, 1993; FILSER, 1995). Além disso, a manutenção da cobertura vegetal permite reduzir as oscilações térmicas e de umidade, que favorecem o desenvolvimento dos organismos (GASPARIM et al., 2005; TEODORO et al., 2011).

Solo com 20% de cobertura pode reduzir perdas por erosão da ordem de 50%, quando comparado com solo descoberto e muito se deve aos benefícios de ordem física, mas também à melhoria na constituição dos agregados do solo em questão (PERIN et al. 2002). Os autores afirmam que a cobertura de solo com amendoim forrageiro e cudu tropical elevaram os valores percentuais na classe de agregados maiores que 2,00 mm para 38% superiores aos obtidos em área capinada, elevando também o diâmetro médio ponderado dos agregados. Ademais, ressaltaram que a cobertura com amendoim forrageiro incrementou o teor de carbono orgânico no solo, melhorou a morfologia das raízes, a área e massa radiculares, o que representam aspectos importantes na caracterização do efeito agregador de solo pela espécie.

O amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krap. & Greg.), espécie originária da América do Sul, tem média tolerância ao frio e à seca como também a baixa resistência ao encharcamento. Cresce bem em solos ácidos, de baixa e média fertilidade, apresentando boa fixação biológica de nitrogênio, tendo exigência moderada a fósforo, sendo, no entanto, muito eficiente na absorção desse elemento. A planta apresenta hábito de crescimento rastejante por meio de estolões, geralmente, não ocorre desfolhamento natural. Os frutos são formados como vagens subterrâneas com paredes grossas, contendo de uma a seis sementes, as quais, além da forma de mudas, representam a outra maneira da espécie se estabelecer, cujo processo é lento e pode demandar capina no início. O peso de 100 sementes é em torno de 15g e estas não apresentam dureza (COSTA et al., 1993; ESPÍNDOLA et al., 2004; GUERRA et al., 2007).

Para a obtenção de boa cobertura de solo e boa formação de fitomassa, Espíndola, Guerra e Almeida (1997) sugerem, para as condições de baixada fluminense, no Estado do Rio de Janeiro, o plantio de amendoim forrageiro em maio ou dezembro, com a perspectiva de atingir plena cobertura do solo aos 190 e 110 dias, respectivamente.

O fato de ser rastejante e não volúvel, diminui a competição por luz com a cultura principal, além de possuir baixa relação C/N nos tecidos, e exercer relativo efeito supressor de ecótipos (invasoras), controle da erosão e temperatura (VARCO et al., 1993).

Quanto ao efeito das plantas perenes de cobertura na temperatura do solo, quando tomada a 0,10m da superfície às 14:00h, as leguminosas, Kudzu Tropical e amendoim forrageiro também diferiram da testemunha desprotegida em 4°C a menos, apresentando com isso, melhor preservação de água nos primeiros centímetros do perfil, devido à menor evapotranspiração (SILVA, 2012).

2.5. Fixação Biológica de Nitrogênio – FBN e ciclagem de nutrientes

No Brasil, uma substancial economia em fertilizantes nitrogenados é decorrência do aprimoramento no uso de inoculantes da bactéria *Bradyrhizobium japonicum* na simbiose com a soja. Acredita-se que esta bactéria seja responsável pela fixação de 90 a 200 quilos de nitrogênio por hectare/ano, de forma barata e menos propensa a perdas (PEDROSA, 1987).

A fixação biológica de nitrogênio é o processo pelo qual o N₂ é transformado a NH₃, forma metabolicamente utilizável pelos vegetais. As chamadas bactérias diazotróficas são os únicos organismos que podem converter o dinitrogênio atmosférico a amônio, o qual pode ser utilizado na síntese de biomoléculas que contenham nitrogênio (BURRIS, 1991). A capacidade de fixar nitrogênio é encontrada na maioria dos grupos filogenéticos entre as bactérias, incluindo sulfobactérias, firmibactéria, actinomicetos, cianobactérias, proteobactérias e arqueobactérias (DIXON; KAHN, 2004).

Os danos ao ambiente causados pelo uso de fertilizantes nitrogenados incluem eutrofização de rios e lagos, acidificação do solo e emissão de óxidos de nitrogênio na atmosfera, além do que, a produção de fertilizantes a base de nitrogênio demanda uma grande quantidade de energia, normalmente, provida por combustíveis fósseis, aumentando a emissão de dióxido de carbono na atmosfera (GLIESSMAN, 2005).

Um caminho para aumentar a longevidade produtiva dos solos nas regiões tropicais, reduzindo a demanda por fertilizantes químicos e seus custos, passa, necessariamente, pelo plantio de leguminosas forrageiras em consórcio com gramíneas. As leguminosas, dessa forma, suprem a carência de N do sistema, por meio da fixação biológica, possibilitando a manutenção da biota do solo e, consequentemente, da ciclagem de nutrientes (CADISCH; SHUNKE; GILLER, 1994; CANTARUTTI, 1996; MIRANDA; SILVA; SAGIN JÚNIOR, 2010).

A fixação biológica de nitrogênio através da simbiose com rizóbios, típica das leguminosas, acrescentam aos solos agrícolas de 1 a 2 kg ha⁻¹ dia de N durante a fase de crescimento, o que de algum modo, deriva alguma sustentabilidade aos sistemas agrícolas, porquanto, esse N fixado se constitui uma efetiva possibilidade de utilização pelas culturas associadas (consórcio) ou da sucessão, dado que muitas espécies aportam volumes consideráveis do nitrogênio proveniente de fixação biológica para o solo (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 2004; SILVA et al., 2011b; LEAL et al., 2012).

Em solos tropicais, acentuadamente, intemperizados, gerando acidez trocável, a disponibilização de P diminui, limitando desta feita, a FBN pelas leguminosas. Thomas et al., (1997), comparando leguminosas herbáceas perenes, para solos que não receberam adubação, verificaram incrementos de 25 a 89 kg N ha⁻¹, enquanto que sob

adubação fosfatada e potássica (80 e 70 kg ha⁻¹, respectivamente), a fixação foi de 75 a 210 kg N ha⁻¹, o que para amendoim forrageiro representou 82% de FBN para solo de alta fertilidade e 57% para solo de baixa fertilidade, colocando a espécie dentre aquelas sensíveis a fertilidade, no tocante a FBN, ao contrário da *Centrosema acutifolium* que ficou entre 96% e 90%, respectivamente, para solos férteis e pobres.

Avaliando a resposta de quatro leguminosas herbáceas perenes calopogônio (*Calopogonium mucunoides*), amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), siratro (*Macroptilium atropurpureum*) e Kudzu Tropical (*Pueraria phaseoloides*) a diferentes fontes de fósforo, Espíndola et al. (2005a) constataram que nenhuma respondeu, significativamente, aos fertilizantes fosfatados. No entanto, o amendoim forrageiro apresentou maior capacidade de acumular K e N atmosférico fixado que as demais ao final da estação chuvosa, ao passo que siratro melhorou a acidez nos primeiros 5 cm e o cudzu tropical aumentou a proporção de C orgânico no solo, indicando maior atividade microbiana.

Duda et al. (2003) observaram que o amendoim forrageiro promoveu aumento nos teores de C e P microbianos, enquanto o aumento no teor do N microbiano foi favorecido pela leguminosa siratro. Constataram também um aumento expressivo da biomassa microbiana, que foi superior quando da manutenção da biomassa aérea das leguminosas na superfície do solo.

As bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, além da fixação biológica simbiótica de nitrogênio, podem favorecer também o aumento da população de fungos micorrízicos no solo. Estes por sua vez, são capazes de estabelecerem simbiose com as raízes de praticamente todas as plantas cultivadas, aumentando o volume radicular e a superfície de absorção de água e nutrientes, permitindo um melhor aproveitamento dos elementos ou fertilizantes presentes ou aplicados ao solo, principalmente, os fosfatados (SILVEIRA, 1992; ESPÍNDOLA, et al., 1997). Como consequência, as plantas micorrizadas desenvolvem maior tolerância às doenças e à seca (FOLLI-PEREIRA et al., 2012).

O manejo da biomassa vegetal, como a manutenção ou não do material vegetal sobre a superfície do solo também são determinantes quanto ao número de propágulos infectivos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nativos do solo, indicando, vantagens para a manutenção dos resíduos (GRAVINA, 1998). Dentre as leguminosas o amendoim forrageiro, comparado com cudzu tropical e siratro foi o que apresentou o maior número de propágulos infectivos de FMA, tanto sob manutenção quanto com a remoção dos resíduos, na proporção de 3:2:1, enquanto que sob solo capinado foi verificada ausência dos organismos (GRAVINA, 1998; DUDA et al., 2003). A manutenção é apontada por Espíndola et al., (1998), como uma estratégia interessante de manejo para a manutenção da biota.

Cordeiro (2011) enquadra os fungos promotores de crescimento de plantas - FPCP como: os produtores de ácido indolacético, produtores de substâncias antagônicas (biocontrole), os responsáveis pela solubilização de fosfatos, particularmente, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Fungos sapróbios dos gêneros *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Trichoderma* e *Phoma* têm sido considerados como FPCP por diversos autores em diferentes trabalhos (CHANDANIE et al., 2006; HORINOUCHI et al., 2008). Segundo os autores, o mecanismo pelo qual os FPCP promovem o crescimento das plantas é algo ainda não entendido completamente, mas incluem efeitos diretos como a habilidade de produzir ou alterar a concentração de hormônios na planta como ácido indol-acético (AIA), giberelina, citocinina e etileno que causam efeitos benéficos no seu crescimento, tal como, o desenvolvimento da parte aérea, aumento do volume e crescimento de raízes e número de pelos radiculares absorventes. Também

incluem efeitos indiretos como: a) a solubilização de fosfatos e de outros elementos, aumentando a disponibilidade de nutrientes no solo e b) o efeito antagônico a microrganismos fitopatogênicos por meio da produção de metabólitos como sideróforos, ácido cianídrico e antibióticos (VINALÉ et al., 2008).

Em solos de média a baixa fertilidade, os fungos micorrízicos arbusculares – FMAs, contribuem para aumentar a eficiência no transporte e absorção de nutrientes, principalmente daqueles de baixa mobilidade no solo, como P, Zn e Cu, sob condições amazônicas (OLIVEIRA et al., 2003).

Estudo desenvolvido por Miranda, Silva e Sagin Júnior (2010), parte da hipótese de que as comunidades de FMAs são influenciadas pelo grau de complexidade da cobertura vegetal e que o amendoim forrageiro também contribui para aumentar a presença e atividade desses fungos no solo.

Segundo Cardoso et al. (2006), a maioria das espécies de plantas (incluindo as principais culturas nos trópicos) forma associações benéficas com fungos micorrízicos arbusculares (MA) e estes fungos são importantes, e ainda, mal compreendidos recursos para a aquisição de nutrientes para o crescimento da planta na agricultura. Representam um reforço para a qualidade física, química e biológica do solo através da melhoria da estrutura do solo, a absorção de P e Zn relativamente imóveis; na redução do alumínio e atenuação da toxicidade de manganês, bem como pelo estabelecimento de interações com outros organismos benéficos do solo (rizóbios fixadores de nitrogênio) com maior proteção contra patógenos. Ainda segundo os autores, associações micorrízicas permitem uma melhor utilização de estoques de fósforo moderadamente solúveis, aumentando deste modo a eficiência do fertilizante fosforado adicionado e do grande reservatório de fósforo imóvel.

No entanto, nem sempre as associações micorrízicas são harmônicas, conforme Franzinny et al. (2010), que constataram que, apesar do crescimento de plantas leguminosas ser geralmente melhorado pela dupla simbiose de micorriza arbusculares (MA) e bactéria Rhizobium, a maioria dos estudos sobre o tema têm sido realizados sob condições hídricas ideais.

Entretanto, fatores biológicos, edáficos e ambientais afetam a resposta das diversas leguminosas à inoculação de MA (CHALK et al., 2006). Quando testadas duas estirpes de MA combinadas com duas de Rhizobium sob condição de seca moderada, a maioria dos tratamentos biológicos envolvendo um fungo e um Rhizobium juntos causou um efeito deletério sobre o crescimento das plantas de feijoeiro, concluindo que MA inibiu o desenvolvimento de nódulos de bactérias fixadoras de N₂, causando diminuição do crescimento das plantas, indicando que certas combinações em condição de estresse hídrico podem ser nocivas às plantas cultivadas (FRANZINNY et al., 2010).

Confirmando o efeito dos FMAs, Canellas et al. (2004), através de espectroscopia magnética nuclear, analisando conteúdo e formas de P – fosfatos orgânicos no solo em diferentes profundidades, sob diferentes coberturas vegetais, obtiveram para o solo coberto com *A. pintoi* a disponibilização de 157 mg.kg⁻¹ de POS (fósforo orgânico no solo), valor numericamente superior às demais coberturas (*Pueraria phaseoloides*, *Macroptilium atropurpureum* e *Panicum maximum*), indicando inclusive forte presença das formas diéster (uma fração de P orgânico lábil) de até 12% do total, normalmente ligadas à porção huminas e ácidos fúlvicos em detrimento dos ácidos húmicos, presentes, principalmente, na camada mais superficial do solo dotada de maior atividade biológica, além de maior grau de condensação aos ácidos húmicos (avaliados pela análise da composição elementar, espectroscopia de IV e de fluorescência).

Isso indica certa propriedade das leguminosas de colaborar na fertilização de solos, disponibilizando P, normalmente muito fixado nas argilas e pouco acessível aos vegetais por organismos do solo dos quais se destacam os FMAs - fungos micorrízicos arbusculares (RILLIG; MUMMEY, 2006). Dentre os FMAs, o gênero *Glomus*, secreta a glomalina, substância responsável pela estabilização dos agregados de solo, inclusive aumentando o seu diâmetro, através da ligação das suas estruturas às partículas, ampliando a macroporosidade e ampliando a capacidade de retenção de água devido ao incremento da atividade dos agregados pelo fato da glomalina, conter Fe (0,04-8,8%) e poder se ligar a cátions em quantidades variáveis dos diferentes solos (FOLLI-PEREIRA et al., 2012)

2.6 Supressão de ervas espontâneas

Quanto ao efeito supressor de desenvolvimento de ervas espontâneas, Teodoro et al. (2011) verificaram que, a partir dos 60 dias e mais intensamente após 90 dias, o calopogônio e o amendoim forrageiro produziram efeito inibitório sobre o crescimento e competição com ervas espontâneas, por fatores de crescimento como nutrientes e umidade ou através de possíveis expressões alelopáticas. Ambas as espécies reduziram a competição a valores insignificantes de $0,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ de fitomassa das ervas (SEVERINO; CRISTOFFOLETI, 2004).

De acordo com Carvalho et al. (2008), estudos envolvendo, principalmente, a ação inibitória exercida por espécies utilizadas como adubos verdes são fundamentais, principalmente, às condições presentes nos sistemas de semeadura direta em favor de um modelo agroecologicamente mais sustentável (GUERRA et al., 2007; QUEIROZ et al., 2010).

Fávero et al. (2000) avaliaram o crescimento e o acúmulo de nutrientes pela parte aérea de ervas espontâneas e de leguminosas utilizadas como adubos verdes. Foram poucas as ervas espontâneas que apresentaram teores de carbono, cálcio e nitrogênio próximos ou superiores aos das leguminosas. No entanto, para potássio, magnésio e fósforo, ocorreu o inverso, destacando-se: *Portulaca oleracea*, *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa*, *Commelina benghalensis* e *Melanpodium perfoliatum*. Essas relações, se por um lado, têm nas plantas de cobertura, potentes agentes de supressão das ervas espontâneas, por outro, revelam a capacidade dessas ervas em extraír nutrientes do solo competindo com as culturas estabelecidas, colocando as diversas formas de capinas como formas indiretas de fertilização.

2.7. O vento e os quebra-ventos

2.7.1 O vento e as plantas

O vento constante retira direta e, indiretamente, a umidade do solo, aumentando assim, a transpiração das plantas, que, mesmo no maior calor do dia, tende a permanecer idêntica, o que se atribui à lentidão do fechamento dos estômatos, e que pode ser o resultado da deficiência de certos nutrientes no solo (K, por exemplo), ou que a planta não consiga extraí-los. A deficiência de água, no solo, é manifestada, com as raízes

superficiais, secando a camada superior do solo e transpirando a água em seguida. O vento acelera a transpiração por remover a umidade do ar da “atmosfera das folhas” (PRIMAVESI, 1982), mais especificamente da camada limítrofe que tangencia os estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

No nível das folhas, o efeito do vento é explicado por Van Gardingen e Grace (1991), demonstrando a importância da camada limite de condutância aerodinâmica como a fronteira de transferência de calor e massa, e depende do tamanho e forma da parte da planta, bem como a velocidade do vento. É a conexão entre a planta e atmosfera. Quanto aos fluxos convectivos sobre as folhas, apontam a livre convecção como, um processo de grande importância para as plantas em crescimento em ambientes protegidos, especialmente em estufas, onde a proteção ao vento seja completa.

Em contraste, a convecção forçada ocorre sob influência externa de fluxo de ar que pode ser turbulento ou laminar que colidindo com as características da folha, tais como: tamanho, forma e rugosidade da superfície podem aumentar a taxa de transferência calor e massa bem como ampliar a camada limite de condutância (SCHREUDER et al., 2001).

Em relação à temperatura, Ball, Cowan e Farquhar (1988) inferem que a variação de temperatura é a força motriz para a transferência de calor por convecção e, indiretamente, para a transpiração através de sua influência sobre a pressão de vapor de água. A condutância da camada limite para convecção livre também é afetada pela diferença de temperatura.

Em sistemas agrícolas como um método simples de modificar o vento com o uso de proteção, a temperatura da superfície das plantas raramente é medida, mas as medições da temperatura do ar imediatamente acima da cultura podem ser utilizadas para inferir a da planta (CLEUGH, 1998). Tipicamente, o ar acima de uma cultura protegida é um ou dois graus mais quente que acima de uma área próxima desabrigada e o aumento da temperatura associada a ambientes protegidos é, sem dúvida, uma das principais influências subjacentes ao efeito abrigo em partes frias ou temperadas do mundo. Em outros climas, onde temperaturas excedem, favorecem ao crescimento, abrigo só pode exacerbar o problema (CARR, 1985).

No que se refere ao efeito do vento quanto ao uso eficiente da água, prevalecem os conceitos derivados da hipótese *feed-forward* proposto por Farquhar (1978), de que as respostas dos estômatos à umidade do ar são o resultado do órgão, percebendo o déficit de pressão de vapor saturado (DPVs) a partir do que, fecham-nos para evitar a perda de água (FARQUHAR, 1978; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Bunce (1985) demonstrou que, as mudanças na condutância estomática pelo aumento da velocidade do vento são totalmente explicadas pelo aumento do gradiente de pressão de vapor, entre o local de evaporação e a superfície da folha. Advogou ainda que na especificidade dos ambientes tropicais, cuja taxa de transpiração é maior que em ambientes temperados, as mudanças na transferência convectiva podem compreender variação de temperatura positiva ou negativa. Em ambiente tropical real, um DPVS de 8 MPa pode ocorrer, frequentemente, nas estações chuvosas. Na estação seca, de DPVS de 40MPa são corriqueiros.

Golberg, (2010) apresentou na forma de um diagrama que ao aumentar a intensidade do vento, ocorre uma diminuição da espessura da camada limite foliar e, por conseguinte, a redução na resistência que esta exerce sobre a troca de calor entre a folha e a atmosfera, causando uma queda da temperatura da folha. A temperatura reduzida por sua vez, reduzirá a pressão de vapor de água na cavidade subestomática com diminuição do gradiente da pressão do vapor entre a lâmina e a atmosfera e, concomitante, reduzirá a transpiração.

Por outro lado, um aumento da transpiração produzido pela diminuição da resistência da camada limite aumentará o efeito de resfriamento que a passagem de água da fase líquida a vapor produz na superfície da folha. Além disso, a redução da camada limite reduz a resistência à troca de vapor de água entre a atmosfera e a folha e intensifica a taxa de transpiração. Nota-se que dois fatores influenciados pela camada limite funcionam no sentido oposto. Por um lado, a diminuição na temperatura da folha causada pela diminuição da camada limite, resultando na diminuição da transpiração; por outro lado, esse mesmo afinamento da camada ocasionará um aumento na transpiração por reduzir a resistência do fluxo de vapor de água entre a folha e a atmosfera (TAIZ; ZEIGER, 2009; GOLBERG, 2010).

A camada limite, desta feita, afeta três processos que estão relacionados e interagem de forma complexa - troca de calor entre a atmosfera e a folha, passagem de vapor de água a partir da cavidade sub-estomática para a atmosfera e de absorção de CO₂ da atmosfera), daí a dificuldade de tratar cada processo isoladamente (GOLBERG, 2010; SIMBA, 2010).

Nesse prisma, o aumento do vento gera uma diminuição no DPV atmosférico, um aumento do gradiente de pressão de vapor entre a cavidade e subestomática e atmosfera e, assim, aumenta a transpiração. A diminuição do teor de água subterrânea pelo aumento na taxa de transpiração resulta em diminuição da condutância estomática pela constrição do ostíolo e, portanto, redução da transpiração (GOLBERG, 2010).

2.7.2 Uso de quebra-ventos

No Brasil, os quebra-ventos começaram a ser usados apenas no século passado, na década de 70, seguindo a recomendação do IBC - Instituto Brasileiro do Café, onde agem diretamente sobre o ambiente da cultura, diminui a velocidade do vento, modificando o microclima que, por sua vez, induzem alterações nos processos fisiológicos e nas características da cultura protegida (BAGGIO, 1983).

Dentre as várias vantagens atribuídas ao uso de quebra-vento na propriedade agrícola, Volpe e Schöffel (2001) citam: proteção do solo das culturas contra a erosão eólica, evitando a queda de galhos, folhas, flores e frutos, e proteção dos animais amenizando o resfriamento e a ação mecânica; conservação da umidade do solo, através da diminuição das perdas da água; aumento da eficiência da irrigação e do uso da água, diminuindo as perdas por deriva de gotas e diminuindo também a evapotranspiração da cultura; produção de madeira para uso na propriedade como lenha ou em benfeitorias, ou para a comercialização; conservação da fauna e outros valores ecológicos, servindo como atrativo e de abrigo para animais silvestres e inimigos naturais no manejo integrado de pragas; melhoria estética da paisagem com consequente valorização da propriedade; produção de néctar e pólen para abelhas polinizadoras das culturas.

Considerando que o vento pode reduzir a temperatura do ar que circunda as plantas, tem-se em contrapartida, que também retira a umidade desse ar, podendo prejudicar a fertilização via polinização e, nesse caso, de forma indireta, os quebra-ventos ajudariam na fecundidade de frutos e sementes (ROUSE; HODGES, 2004; BENNELL; CLEUGH; LEYS, 2007).

As temperaturas noturnas, próximas ao solo ou a 1 m de espessura, geralmente, contrastam com as temperaturas de 2 metros acima da superfície que tendem a ser pouco mais frias. Em noites muito calmas, inversões térmicas podem ocorrer e as áreas protegidas podem apresentar vários graus mais frios do que na superfície de áreas

expostas (ARGETE; WILSON, 1989; ROUSE; HODGES, 2004; BRANDLE et al., 2004; SIMBA, 2010).

Brandle et al. (2004) admitem que, via de regra, ocorre maior atividade metabólica nas plantas protegidas em consequência da elevação da temperatura do ar que pode estar relacionada ao aumento da taxa de acumulação de unidades de calor. Isso proporciona vários benefícios para o produtor. Lavouras cultivadas em áreas protegidas amadurecem mais rapidamente do que culturas desprotegidas. Para os autores, para hortaliças irrigadas, nas quais resultariam em vantagem mercadológica, enquanto que para grãos, poderiam gerar o estreitamento de ciclo, introduzindo maior risco de estresse hídrico em período crítico da cultura.

Por outro lado, altas temperaturas tendem a aumentar o crescimento vegetativo, o índice de área foliar, a altura das plantas, além de reduzir injúrias provenientes dos danos mecânicos e o estresse hídrico deles provenientes (SIMBA, 2010).

Diversos são os casos de aumento de produção, mencionados na literatura, destacando-se sempre as culturas que são praticadas em áreas, onde o déficit hídrico é o fator limitante (CLEUGH, 1998; YOLDAS; ESIYOK D, 2007).

A pesquisa mostra que uma barreira com penetrabilidade de 40-60%, ao que Zhou et al. (2005) e Bitog et al. (2011) caracterizam como porosidade aerodinâmica, por envolver aspectos tridimensionais (diferente da porosidade óptica – bidimensional), promovem melhores resultados sobre o rendimento das culturas. Salientam a importância de considerar a orientação, altura, espessura e arranjo da barreira, podendo combinar fileiras de árvores com arbustos evitando "buracos" ou "falhas", que provoquem afunilamento do vento (STREDOVA et al., 2012, TAMANG et al., 2012).

A distância entre duas barreiras consecutivas deve estar entre 10 e 15 H, (H= altura das árvores da barreira), podendo-se dobrar esta distância quando os quebra-ventos forem dispostos em rede, sendo que as linhas paralelas ao vento podem distar entre si entre 1000 a 2000 m (RADVANVI, 1978; CAMPI, PALUMBO; MASTRORILLI, 2012). Quanto aos gêneros, destacam-se: *Pinus* para solos arenosos, *Eucalyptus* nas zonas tropicais, *Cupressus* para proteger áreas pequenas, pois são muito densos, *Grevillea*, especialmente, no Brasil subtropical, para cafezais, *Ulmus* solos secos e *Casuarina* nas regiões costeiras (CLEUGH, 1998). A ausência de espécies nativas brasileiras se deve à escassez de estudos sobre o tema.

A composição dos quebra-ventos com uma espécie não decídua eucalipto (*Eucalyptus sp.*) a exemplo de um SAF - sistema agroflorestal clássico, segundo Medrado (2000), no contexto da propriedade rural, tende a contribuir no incremento de recursos materiais (mourões) e energéticos fundamentais nas atividades desenvolvidas no campo.

2.7.3 Quebra-ventos e aspectos hídricos

Fatores que interferem sobremaneira no microclima das culturas são a água do solo e da superfície da planta. A evaporação do solo nu é reduzida na medida em que o solo é protegido, devido à redução de velocidade do vento, bem como, da diminuição da transferência de vapor de água para fora da superfície e isso é vantajoso, considerando a conservação da umidade do solo para o crescimento das plantas (CLEUGH, 1998). Evaporação da superfície das folhas também é reduzida sob quebra-vento e, em casos raros, pode contribuir para uma maior incidência de doenças, pois, sob abrigo, a combinação de menores temperaturas noturnas com altos níveis de umidade pode causar

aumento na formação de orvalho e consequente possibilidade de doenças (HODGES; BRANDLE, 1996; BRANDLE et al., 2004).

Quanto à eficiência no uso da água (EUA-WUE), Agam et al. (2012) verificaram variações expressivas nas taxas de evaporação, transpiração e evapotranspiração, diurna e noturna (transpiração noturna da ordem de 5% da diurna e, nesse período, pode haver assimilação de CO₂). Constataram que essas perdas são abrandadas pela ação de quebra-ventos, ainda que representados pelas próprias linhas de plantas (de algodão no caso) sob condições semiáridas e debaixo de irrigação em que o componente evaporação se situou entre 50 e 70% das perdas de água do solo de acordo com a cobertura e da fase da cultura. Nesse aspecto, Campi, Palumbo e Mastrorilli (2012), por meio de estudos desenvolvidos em ambiente de clima mediterrâneo com as culturas de trigo e feijão (outono e primavera), buscaram ajustar metodologias para a determinação de ETo Penmam & Monteith-FAO56 específico para condições de cultivo sob proteção de quebra-ventos, ao que foi denominado ETwb (evapotranspiração em quebra-vento). Pelos ajustes, os efeitos da redução da evapotranspiração ficaram evidentes nos casos de 20% de porosidade do quebra-vento de 3,0 m, o qual diminuiu até 31% da ET da cultura de primavera/verão (feijão), percebendo a extensão do efeito para até 15H (H = altura da barreira).

Tida como tolerante à baixa disponibilidade de água, as plantas de gergelim foram avaliadas por Nascimento et al. (2011), sob condições de casa de vegetação, testando diferentes padrões de água disponível que variaram de 40 a 100%, obtendo para o menor nível de disponibilidade hídrica, os melhores valores de eficiência no uso da água (EUA) nos diversos compartimentos das plantas.

Segundo Mantovani, Bernardo e Palaretti (2007), a demanda hídrica na cultura do gergelim para o máximo rendimento, há que vigorar entre 500 a 650 mm bem distribuídas durante o ciclo.

Mesquita et al. (2013), avaliando a melhor oferta de água para a cultura do gergelim, concluíram que esta não deve ultrapassar 115% do ETo de PM (Evapotranspiração referencial de Penmam e Monteith - FAO) e que valores próximos de 60% de ETo proporcionam os maiores níveis de lançamentos florais.

Resultado semelhante, obtiveram Lima et al., (2013), usando substrato enriquecido com 20% de biofertilizante líquido e lâminas entre 100 e 125% de ETo (548 e 662 mm) durante todo o ciclo, no qual admitiram que o uso da matéria orgânica melhorou a retenção de umidade do solo, proporcionando os resultados de peso de 1000 sementes, peso e número de cápsulas, semelhantes aos da fertilização convencional.

Com o objetivo de verificar a tolerância das plantas de gergelim ao déficit hídrico, Pinto et al. (2014) produziram ciclos de deficiência hídrica aos 10, 19, 26, 32, 42 e 49 dias após a emergência das plantas, mantendo sem irrigação até próximo ao ponto de murcha permanente, após o que foram feitas 7 irrigações subsequentes aos déficits. As determinações do “status hídrico” foram feitas aos 42 dias após a emergência (DAE) e foram avaliados: potencial hídrico, conteúdo relativo de água e além de trocas gasosas: fotossíntese líquida (A), condutância estomática (GS) e a transpiração (E). Para tais avaliações, foi utilizado um analisador de gases por radiação infravermelha (“Infra Red Gas Analyser – IRGA”, modelo LCI-BioScientific). Obtiveram valores de CRA- conteúdo relativo de água de – 27% e, potencial hídrico de -1,33MPa, com redução da transpiração (E) da ordem de 83,5% com 92,5% de redução na taxa fotossintética (A) e EUA (A/E), indicando que o gergelim se mostrou, medianamente, tolerante às condições extremas de estresse hídrico aplicadas.

Guerfel et al. (2009), estudando impactos do estresse hídrico em duas variedades de oliveira, através de indicadores de trocas gasosas, relações hídricas e conteúdo de

clorofilas, correlacionou o desempenho dos materiais à adaptação morfofisiológica (maior densidade de estômatos e tricomas, folhas menores e parênquimas mais espessos) dos mesmos aos mecanismos de controle hídrico (potencial hídrico -5,5 x -4,0 MPa) e, consequente, taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), bem como nos níveis de clorofilas (a+b), estas últimas mais relacionadas à oferta de água e nitrogênio.

Além das relações hídricas, o vento afeta positivamente a absorção de CO₂ por produzir movimento e aumentar a turbulência na vizinhança da superfície da folha, aumentando assim, a condutância na camada limite. Esse aumento é reputado à turbulência causada pela rugosidade, às saliências e as condições aerodinâmicas das folhas (LANGRE, 2008; VOGEL, 2009).

De acordo com Bennell, Cleugh e Leys (2007), a duração e velocidade do vento associada ao calor com baixa umidade desencadearam abortamento de flores de fava (*Vicia faba* L.), principalmente, quando esses fatores foram associados à baixa umidade do solo. Os autores verificaram que quando em túnel de vento, com velocidades de 2 a 12m s⁻¹ sob temperatura de 30°C e umidade do ar de 15 a 25%, houve abortamento de 35% na maior velocidade, sugerindo às localidades, onde estações secas são marcantes e com ocorrência de ventos, a instalação de quebra-ventos como recurso de convivência com os componentes climáticos.

Nuberg et al. (2002), em experimento de campo com trigo, analisaram o efeito de proteção quebra-vento sob diversas condições de suprimento hídrico em diferentes distâncias da barreira de 3H a 24H (H=altura da barreira) e verificaram que na ausência de déficit hídrico, a eficiência no uso da água (WUE) sob quebra-ventos gerou maior produção da biomassa aérea de folhas e caule da ordem de 14% e 11%, respectivamente. Ademais, observaram que os valores foram maiores para as plantas protegidas e expostas ao déficit, quando comparadas àquelas desprotegidas, principalmente, na fase vegetativa, não havendo diferença significante de rendimento/produção de grãos quanto à proteção, porquanto apresentaram maior teor de proteína nos grãos (14,3% x 11,5%) e menor peso de 1000 grãos (35,6 x 40,1g).

Esse aumento da produção de biomassa, sem correspondente em produtividade, pode ocorrer, enquanto recurso morfofisiológico da planta para resistir ao estresse mecânico e hídrico.

Nesse sentido, Kin e Ledent (2003) observaram em milho, que os ventos de 7 m s⁻¹ reduziram tanto o alongamento, comprimento final de folhas, altura e peso seco das plantas, e concluíram que o efeito foi mais significativo em plantas com um estado da água favorável. Influências do vento podem ocorrer diretamente no crescimento das plantas por meio de perturbação mecânica de partes de plantas (MILLER et al., 1995). Este movimento pode aumentar o alargamento radial do caule, aumentar a espessura da folha, reduzir o alongamento da haste e tamanho da folha (GRACE, 1988), e afetar a composição celular (ARMBRUST 1982).

Kin e Ledent (2003) atribuíram, ademais, a diminuição na taxa de crescimento causada pelo vento à derivação de fotoassimilados à formação de lignina, necessária à reestruturação dos tecidos perturbados pelo vento com concomitante diminuição no crescimento das plantas.

Mais recentemente, Onoda e Anten (2011), pesquisando efeito de estresse hídrico associado ao efeito do vento sobre as plantas, concluíram que as respostas das plantas ao vento dependerão da extensão desse estresse e essas respostas poderão ser diferentes entre as diversas partes da planta bem como entre as espécies de plantas.

Segundo Sudmeyer e Scott (2002), mudanças na velocidade do vento e microclima formado pela presença de barreiras vegetais de quebra-ventos variam temporal e espacialmente. Quando a incidência for perpendicular à barreira, a redução

da velocidade é de 20%, podendo esse efeito se estender até 18 vezes a altura das árvores/arbustos. Quanto ao microclima, os autores asseveram que ocorre elevação na temperatura do ar e pressão de vapor da ordem de 5-10% em comparação com área desprotegida, aumentando, por conseguinte o potencial de evaporação (CLEUGH, 1998; SUDMEYER; SCOTT, 2002).

No Havaí, quebra-ventos conseguiram economizar até 750 mm de água, simplesmente por evitar o carreamento da umidade do solo e a água transpirada, evitando a queda da produção vegetal entre 50 até 70% (JUNKER; MADISON, 1967; SAATO, 1977; BALDWIN, 1988).

A capacidade de retenção hídrica em solo arenoso de savana até a profundidade de 40 cm está ao redor de 31 mm, porém aumenta consideravelmente se o solo estiver com um teor maior de matéria orgânica, o que é ampliado com uma melhor cobertura do solo, mormente no sistema de plantio direto com melhora na infiltração e preservação de água, redução da erosão, da temperatura e conservando a umidade na camada superficial do solo (SILVA et al., 2007).

O monitoramento dos elementos meteorológicos (precipitação pluvial, radiação solar, temperatura e direção do vento) que interferem sobre o armazenamento de água no solo, pode fornecer uma gama de informações que propiciem a minimização da ação da referida deficiência hídrica sobre o desenvolvimento das culturas (ROSOLEM; FOLONI; OLIVEIRA, 2003).

Reichardt e Timm (2004) ponderam que havendo movimento da água no solo, adições por chuva ou irrigação e retiradas por evapotranspiração, esses perfis mudam de forma e, logicamente, o armazenamento é diferente. O fluxo de água no sistema edafoclimático é constante e, por esse motivo, é preciso tomar como referência os valores de umidade em função do tempo para a melhor compreensão da variabilidade espacial do conteúdo de água no solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi instalado no Campus Rio Verde do IF Goiano no Sudoeste de Goiás. A região caracteriza-se por apresentar precipitação pluviométrica anual em torno de 1740 mm, com clima tropical quente, sendo as estações chuvosas e secas bem definidas. O clima da localidade de estudo, conforme classificação de Köppen, é do tipo Cwa. O relevo é suave ondulado e a localização geográfica situa-se entre o paralelo 17° 48' 38" latitude Sul e 50° 54' 09" longitude a Oeste sendo a altitude média de cerca de 740 m acima do nível do mar.

O experimento foi estabelecido em solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf) com granulometria de classe argilosa, formada por 48 % de argila, 16% de silte e 36% de areia e cuja composição química de amostras retiradas da camada superficial (0-0,20m), uma em cada parcela antes do plantio do milho (setembro de 2012), é apresentada, corresponde ao efeito da correção de acidez realizada no outono de 2010 (4,0 Mg ha⁻¹ de calcário). Na Tabela 2, encontram-se os resultados das análises de fertilidade.

Tabela 2. Valores de pH, cátions trocáveis e fósforo disponível das amostras de terra coletadas na camada de 0-0,20 m no mês de setembro de 2012, a partir dos tratamentos implantados, na ausência e presença de quebra-vento vegetal.

Tratamento	pH (H ₂ O)	Cátions trocáveis					P disponível (mg/dm ³)
		Al ⁺⁺⁺ (cmolc/dm ³)	Ca ⁺⁺ (cmolc/dm ³)	Mg ⁺⁺ (cmolc/dm ³)	K ⁺ (mg/dm ³)		
1 s/QV*	6,23	0	3,18	2,00	121,0		2,68
1 c/QV**	6,36	0	2,29	1,53	102,0		4,01
2 s/QV	6,18	0	3,17	1,91	107,0		3,40
2 c/QV	6,23	0	2,07	1,44	80,5		2,74
3 s/QV	6,35	0	3,11	1,94	120,0		2,70
3 c/QV	6,30	0	2,27	1,56	96,0		3,91
4 s/QV	6,12	0	2,68	1,64	110,0		2,24
4 c/QV	6,25	0	2,21	1,49	104,5		3,50
5 s/QV	6,23	0	3,03	1,82	105		2,30
5 c/QV	6,34	0	2,29	1,60	94,0		3,26
6 s/QV	6,20	0	2,81	1,66	121,0		2,46
6 c/QV	6,24	0	2,22	1,52	73,0		3,47
7 s/QV	6,13	0	2,74	1,64	110,5		2,40
7 c/QV	6,36	0	2,21	1,46	92,5		3,22
8 s/QV	6,19	0	2,99	1,78	104,0		2,95
8 c/QV	6,27	0	2,41	1,60	100,0		4,38

*s/QV – sem quebra-vento; **c/QV – com quebra-vento.

Os métodos de análises de solo utilizaram para Ca, Mg, as determinações por espectrofotômetro de absorção atômica e para Al, solução de KCl 1 mol l⁻¹ por titulação. Para P e K, o extrator utilizado, foi o Mehlich 1 e as determinações por colorimetria e fotômetria de chama respectivamente e o pH por potenciometria (NOGUEIRA; SOUZA, 2005).

O histórico da área consta do cultivo de uma sucessão milho-silagem e brachiarias, cuja palhada e forragem foram aproveitadas em pastejo até o ano de 2010.

O trabalho iniciou em dezembro de 2011 com o plantio das espécies do quebra-vento formada de eucalipto e feijão-guandu comum no entorno de uma área (100 x 50m) e mantendo outra sem a proteção dessas espécies.

Na implantação do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), cultivar Amarillo MG-100, na densidade de 10-12 sementes/m linear na metade das 64 parcelas, coincidiu com a semeadura do gergelim, variedade BRS-SEDA que foi estabelecida também em março de 2012, na densidade de 10-15 plantas/m linear. Para fins desse trabalho, os dados de colheita do gergelim, plantio 2012, não foram avaliados, tendo servido, no entanto, para o aprendizado da cultura no campo e para a demarcação do alinhamento para posterior sulcamento para o plantio do milho.

O preparo (subsolagem/sulcamento e adubação) e plantio do milho ocorreram nos primeiros dias de novembro de 2012, ainda com as parcelas consorciadas com amendoim forrageiro, ocupando em média 50% da área das entrelinhas, não representando obstáculo às operações, as quais foram precedidas pela eliminação da maior parte das ervas espontâneas estabelecidas. A colheita do milho foi efetuada nos últimos dias de março de 2013 e o sulcamento e semeadura do gergelim, nos dois primeiros dias de abril de 2013. A colheita da Pedaliaceae ocorreu no dia 15 de julho de 2013, tendo completado o ciclo em 128 dias após a emergência das plântulas.

3.1 Tratamentos, delineamento experimental e croqui da área

3.1.1 Tratamentos

Os tratamentos constaram de uma sucessão, envolvendo milho e gergelim em respectivas monoculturas e consorciadas com amendoim forrageiro combinadas com quatro formas de fertilização (na cultura do milho) em duas áreas distintas com presença e ausência de quebra-vento.

Assim os tratamentos são descritos a seguir:

1) Milho semeado solteiro, fertilizado no plantio com P ($120 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) + K ($90 \text{ kg de K}_2\text{O ha}^{-1}$) sucedido por gergelim solteiro na safrinha, conduzidos (milho e gergelim) sem capinas ao longo dos ciclos;

2) Milho consorciado com amendoim forrageiro, fertilizado no plantio com P e K sucedido por gergelim consorciado na safrinha, conduzidos (milho e gergelim) sem capinas;

3) Milho solteiro fertilizado com P + K + aplicação de N (60 kg N ha^{-1}) aos 25 dias da emergência das plântulas, sucedido por gergelim solteiro na safrinha conduzidos (milho e gergelim) sem capinas;

4) Milho consorciado com amendoim forrageiro, fertilizado com P + K + aplicação de N (ureia) sucedido por gergelim consorciado conduzidos (milho e gergelim);

5) Milho solteiro fertilizado com P + K sucedido por gergelim solteiro, sendo ambos conduzidos capinados;

6) Milho consorciado com amendoim forrageiro fertilizado com P + K sucedido por gergelim consorciado conduzidos capinados, livres da competição de espontâneas;

7) Milho solteiro, fertilizado com dejetos líquidos de suínos (80.000 l ha^{-1}) no sulco, sucedido por gergelim solteiro, conduzidos (milho e gergelim) sem capina; e 8)

Milho em consorcio com amendoim forrageiro fertilizado com dejeto líquido de suínos (no sulco) sucedido por gergelim consorciado, conduzidos (milho e gergelim) sem capina.

3.1.1.1 Considerações sobre a natureza dos diversos tratamentos

Quanto às sementes de milho, optou-se pela variedade ENGOPA – 501, material de porte alto, buscando o estabelecimento de uma população média de 55000 - 60000 plantas por hectare em linhas espaçadas de 0,90 m. A fertilização química consistiu de uma recomendação padrão P+K (120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 90,0 kg ha⁻¹ de K₂O – Superfosfato triplo + Cloreto de Potássio), para atingir níveis médios de produtividade na perspectiva do manejo tradicional. As parcelas não capinadas com gergelim solteiro espaçado de 0,90 m, após a colheita do milho, receberam um manejo via roçada manual das ervas espontâneas mais proeminentes, enquanto as plantas de gergelim das parcelas capinadas iniciaram o crescimento no terreno limpo.

O tratamento 1 sugere uma alternativa de manejo econômica para o período das águas e de safrinha aos moldes simplificados, e plantio nos sulcos sem capinas, ou com as áreas apenas roçadas que pode sugerir o sistema de cultivo mínimo.

No tratamento 2, o milho foi semeado paralelo às linhas de adubação nas entrelinhas do amendoim forrageiro que ainda não invadia os espaços das linhas, processo que ocorreu nos primeiros 20 dias após a emergência do milho. Após a colheita do milho, o gergelim foi semeado diretamente entre a massa de amendoim dessecado com herbicida não sistêmico, em solo sulcado vizinho à linha de soqueira de milho, cuja palhada permaneceu nas entrelinhas.

Já no tratamento 3, os procedimentos se assemelharam ao tratamento 1, no entanto, as plantas de milho receberam, aos 25 dias da emergência, uma aplicação de ureia em cobertura (60 kg de N ha⁻¹), distribuída próxima à linha das plantas, o que atendeu tanto ao milho quanto às ervas espontâneas, devido à não capina.

A fertilização do tratamento 4, à semelhança do tratamento 2 com P+K, quando da aplicação de ureia ao milho, parte também atingiu as plantas de amendoim consorciado, cujo efeito pode influenciar a fixação biológica pela leguminosa.

Para os tratamentos 5 e 6, capinados aos 10 dias da emergência, para a interpretação da forma de fertilização, infere-se que através da eliminação do componente de competição por nutrientes entre as ervas espontâneas e as culturas, estas últimas passem a dispor de mais minerais provenientes do solo capinado, facilitando a nutrição das plantas, principalmente, nos momentos críticos de máxima absorção. Nesse caso, o milho pode padecer menos pela supressão de oferta de N, por exemplo, devido à ausência de competição com as ervas espontâneas.

O tratamento 6, livre da competição com invasoras por nutrientes e água, as plantas de amendoim podem, eventualmente, expressar maior poder de fixação de N, porém com poucas chances de aproveitamento pelas plantas de milho da biomassa senescente da leguminosa, pois apenas as pontas dos estolões dividiram espaço com a base dos colmos de milho, ao contrário das plantas de gergelim que puderam dispor mais prontamente desses resíduos mineralizados.

No tratamento 7, o subproduto da produção de suínos, o dejeto líquido, nas doses de até 200.000 l ha⁻¹ (área contínua) tem sido satisfatória à produção de grãos. No nosso caso, foi distribuído manualmente, o equivalente a 80.000 l ha⁻¹ de dejeto líquido (PL-2 no Anexo) no sulco, constituindo um bulbo de 0,5m de diâmetro (20 l para cada

2,5 m² considerando 30% de perdas) equivalendo à aplicação desde o plantio de 60 kg N ha⁻¹. Na ausência de capinas, o conjunto dos nutrientes dos dejetos terá sido compartilhado com as ervas espontâneas.

No que tange ao tratamento 8, o uso do dejetos, enquanto fonte de diversos nutrientes deverá favorecer o crescimento inicial do milho, ainda que, pelo fato de conter componentes nitrogenados possa inibir em parte a fixação biológica pelas plantas do amendoim forrageiro sob a influência do bulbo de umidade e fertilização. Em adendo, nas parcelas capinadas, praticamente, não houve a necessidade de realizar a operação além daquela no início do ciclo.

3.1.2 Proteção quebra-vento

O trabalho experimental foi implantado em duas áreas, sendo uma protegida no seu entorno e outra sem a proteção vegetal de quebra-vento. Os plantios do eucalipto e do guandu foram feitos no período de novembro/dezembro de 2011 e circundaram toda a área correspondente à proteção vegetal.

A proteção vegetal formada de três linhas, as externas, de plantas de Eucalipto (clonal), espaçadas de 1,0 m entre si, e duas linhas contíguas internas formadas por feijão-guandu cv. Fava Larga também espaçadas de 1,0 m entre fileiras desencontradas entre si, distando de 9,0 a 15,0 m das bordas das parcelas experimentais mais externas. Durante a cultura do milho, a porosidade girou em torno de 30%, enquanto na do gergelim, estimou-se de 40 a 50% (porosidade média de 40%) (Anexo 5 - Imagens 1).

3.1.3 Delineamento experimental e croqui

3.1.3.1 Delineamento experimental

O desenho experimental contemplou o mesmo delineamento estatístico em duas áreas distintas, com e sem proteção quebra-vento. O delineamento adotado foi o de blocos casualizados, com 04 repetições, dispostos em arranjo fatorial 2 x 4, totalizando 8 tratamentos

Os oito tratamentos consistiram de ausência (monocultivo) e presença (consórcio) de amendoim forrageiro na sucessão milho gergelim combinados com quatro fontes/formas de fertilização (ausência de N, adubação nitrogenada sintética, ausência de N sem competição por nutrientes e adubação orgânica). Cada parcela experimental foi composta de 4 linhas de 5,0 m de cultura espaçadas de 0,9 m entre si intercaladas por três linhas de plantas de amendoim forrageiro, perfazendo um total de 7 linhas. Em cada área com e sem proteção, somam-se 32 parcelas.

O esquema de delineamento descrito, anteriormente, foi realizado para cada uma das áreas (com e sem quebra-vento), separadamente. Posteriormente, um artifício estatístico foi utilizado em uma segunda análise estatística em que estas duas áreas foram comparadas, considerando-as como blocos, uma vez que cada uma delas possuía todos os tratamentos descritos, anteriormente, porém, em situações ambientalmente diversas.

Na área desprotegida (sem quebra-vento), as parcelas são sequenciadas (4 blocos de 08 parcelas cada, com intervalo de 2,0 m entre blocos), locadas antes da área protegida, de acordo com o sentido predominante dos ventos N-S e NW-SE. Entre os blocos, permaneceram as áreas de circulação cobertas com capim Brachiaria roçadas, periodicamente.

Em anexo encontram-se croqui do experimento em área desprotegida e protegida (Anexos 1, 2 e 5), os quadros de variância (Anexo 3).

3.2 Avaliações

Os dados relativos às avaliações foram analisados, cumprindo a sequência do – cálculo dos valores dos desvios/erros utilizando o Programa SAS - versão 9.2. (2009) e com base neles, foram aplicados os testes de normalidade e homogeneidade, com base no Programa SAEG - versão 9.1 (2007) e satisfeitas às condições de regularidade – realizadas as Análises de Variâncias aplicando o teste de F, utilizando o Programa SISVAR (2009) para a discriminação do componente Proteção (com e sem quebra-vento) e plantas de cobertura e o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para segregar as médias relativas às formas de fertilização.

3.2.1 Monitoramento de dados climáticos

As coletas dos dados foram semanais, contemplando as observações acima do solo (3.2.1.1.) e aqueles relativos às condições internas do solo (3.2.1.2.). As leituras ocorreram no mesmo período (duração de 2 horas) e, nos mesmos dias em semanas subsequentes no caso do milho e alternando duas semanas para o gergelim com ênfase no ano agrícola 2012-2013 (cultura do milho e, momente na estação seca/safrinha de 2013 – cultura do gergelim). O monitoramento pluviométrico foi conduzido desde outubro/2012 quando do preparo para a implantação da cultura do milho.

3.2.1.1 Temperatura e umidade relativa do ar, posição e velocidade do vento

Foram coletados os dados representativos das condições do ambiente circundante e vizinho às plantas, entre 1,0 m de altura do solo (temperatura e umidade do ar) e 2,0 m (posição e velocidade do vento) nas entrelinhas das culturas. Foi utilizado um equipamento termo-higro-anemômetro portátil, modelo THAB-500 (Instrutemp) com certificado de calibração. As avaliações semanais na cultura do milho iniciaram aos 49 dias da emergência das plantas e na estação seca/safrinha aos 45 dias da emergência, com tomadas a cada duas semanas durante o ciclo do gergelim. A velocidade média do vento, na data, foi analisada por 5 tomadas em X, simultâneas nos pontos equivalentes das duas áreas, nas parcelas predeterminadas.

3.2.1.2 Temperatura e umidade do solo

Foram coletados, simultaneamente, aos itens do tópico 3.2.1.1 (exceto umidade do solo, coletado a partir dos 42 dias pós-emergência do milho) nas 64 parcelas do experimento, os dados climáticos relativos ao solo, a temperatura a 0,10 m da superfície com termômetro analógico tipo espeto.

Utilizando um trado tipo broca, amostras de solo foram coletadas à profundidade de 0,20 m da superfície e acondicionadas em sacos de polietileno. Em laboratório, utilizando-se o método gravimétrico, as amostras foram secadas e pesadas, obtendo-se umidade inicial do solo, base seca. As tomadas de temperatura foram realizadas a 0,10 m de profundidade por compreender o setor de abrangência de expressiva parcela do perfil utilizada pelo sistema radicular das plantas e até onde a temperatura de solo pode variar com mais evidência. Foi feita a determinação das densidades do solo (coletas realizadas em setembro/2012) das diversas parcelas pelo método descrito por Ferreira et al. (2000), e aplicadas a análise de variância não tendo sido verificada significância. Por esse motivo, não foi determinada (por multiplicação) a umidade volumétrica, uma vez que não modificaria a comparação.

3.2.2 Avaliação de produção

3.2.2.1 Milho

As colheitas das plantas das parcelas do milho (1,0 m + 1,0 m = 2,0 m das linhas centrais) foram realizadas, manualmente, deixando-se de 0,08 m a 0,10 m de colmo + raízes no solo. Em laboratório, o material (colmos, folhas, espigas) foi separado, uma subparcela amostral das partes (particionamento de colmo e folhas) foi secado em estufa a 65°C até peso constante, as espigas debulhadas e pesados os grãos para a avaliação de matéria seca de parte aérea (biomassa), cujo material também serviu para a digestão nitro-perclórica para a análise de nutrientes na parte aérea (colmos-folhas). Os grãos extraídos das espigas tiveram a umidade padronizada para 14% para a determinação da produtividade dos grãos.

3.2.2.2 Cultura de sucessão (safrinha) – Gergelim

Implantada nos primeiros dias de abril/2013 e cumprido o ciclo da cultura em 128 dias, desta feita, sob o efeito dos resíduos dos tratamentos de fertilização aplicados ao milho, foram colhidas as plantas inteiras, cuidando-se para evitar a abertura das cápsulas para a avaliação da produção de grãos. Devido à irregularidade do stand, principalmente na área desprotegida, optou-se pela colheita de apenas 1,0 m de linha contínua em uma das duas linhas centrais, descontando-se 1,0 m das extremidades. As plantas inteiras (raízes + caules/galhos + cápsulas e grãos) foram ensacadas em embalagem porosa, secadas ao sol e no laboratório, separadas em frações raízes, caule, cápsulas e grãos, foram secadas em estufa com circulação de ar a 65°C até peso constante a partir do que foram determinadas as biomassas secas.

Essas porções das plantas foram usadas na determinação de matéria seca de parte aérea e raízes, das quais também foram extraídas sub-porções, moída em moinhos tipo Wiley e convertidas em estratos por digestão nítrico-perclórica (SILVA, 2009) para posterior determinação da composição de macronutrientes incorporados e permanentes nos tecidos secos e grãos.

3.2.2.3 Amendoim forrageiro

Quanto ao amendoim forrageiro, por amostragem, em cada parcela consorciada, na posição intermediária entre as linhas de amendoim e da cultura, foi extraído um tablete ou placa de vegetação e solo, nas dimensões de 0,25 x 0,25 m e 0,10 m de profundidade, cuja área de 0,0625 m² gerou a produção de massa vegetal após o ciclo de cultura do gergelim, para que, depois de seccionadas as partes, realizar a determinação de matéria seca de raízes e parte aérea em estufa de circulação e pesagem (Anexo 5 - Imagens 21 e 22). Há que se considerar que a disposição da palhada de milho nas entrelinhas e sobre as plantas de gergelim, há que ter contribuído com o menor desenvolvimento da leguminosa.

3.2.3 Tratos fitossanitários

Em relação aos tratos fitossanitários, no milho, o controle de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi utilizada pulverização manual com inseticida metabólico/fisiológico. Para o gergelim (2013), o controle de pragas como *Diabrotica speciosa* (vaquinhas) não foi necessário, o mesmo ocorrendo em relação à ocorrência de percevejos (baixa na área desprotegida). Cuidado especial foi dispensado às fileiras de guandu arbustivo e eucalipto quanto ao ataque de saúvas e outras formigas cortadeiras, lançando-se mão de iscas formicidas comerciais à base de Sulfluramida.

3.2.4 Supressão de ervas espontâneas

A avaliação do efeito supressivo de ervas espontâneas gramíneas e latifoliadas, pela presença de amendoim forrageiro, foi realizada aos 40 dias pós-emergência das plantas de milho. Foram realizadas contagens do número de plantas e do percentual de cobertura da área das parcelas, com e sem amendoim forrageiro, pelas espécies espontâneas presentes e, principalmente, pela leguminosa de cobertura.

Considerando que o amendoim forrageiro se desenvolve também sob a sombra, percentuais de cobertura total do solo (amendoim + ervas) podem superar 100% por se tratar de estratos diferenciados, o inferior formado pelo amendoim e o superior pelas ervas sobrepostas de forma rastejante ou ereta.

3.2.5 Manejo de palhadas

Quando da colheita do milho (2,0 m de linhas com 10 a 12 plantas) para a avaliação da biomassa aérea e dos grãos, as plantas não avaliadas tiveram também as espigas colhidas e a parte aérea restante foi também cortada a 0,08-0,10 m do solo e permaneceram nas entrelinhas próximas às linhas das soqueiras, inclusive sobre as plantas de amendoim forrageiro. A parte aérea colhida e avaliada também foi devolvida para a respectiva parcela

O sistema de manejo da palhada ou “mulch” do amendoim forrageiro antes da semeadura do gergelim consistiu no uso de dessecante não sistêmico aplicado 20 dias antes do sulcamento, de forma que atingisse fração das plantas do amendoim (extremidade dos estolões) e algumas ervas, apenas nas imediações das plantas de milho (0,15 m de cada lado da linha), de forma a viabilizar as operações de sulcamento e semeio. O dessecante foi também aplicado nas imediações das plantas das parcelas sem amendoim forrageiro para eliminar possível efeito diferencial de tratamentos com e sem o herbicida.

3.2.6 Métodos de análises agronômicas

Lançou-se mão dos Métodos de Análises de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante Orgânico, da Embrapa (SILVA, 2009), para cada parcela experimental. Foram realizadas avaliações de fertilidade de solo e da composição mineral dos tecidos no laboratório de química agrícola da Embrapa Agrobiologia. Determinações de produção foram realizadas no laboratório fitotecnia do IF Goiano.

3.2.6.1 Produção de matéria seca e grãos

Quanto à determinação da matéria seca, a partir do fracionamento dos diversos materiais vegetais, de milho, gergelim e amendoim forrageiro, procedeu-se a secagem até peso constante, utilizando-se estufa com circulação de ar, realizando-se as devidas pesagens.

As estimativas de produção física de grãos de milho e gergelim passaram por simples pesagens e correções de umidade dos grãos para o padrão de 14%.

Das partes aéreas das plantas de milho colhidas sem as raízes (9-12 plantas da parcela), foram pesadas úmidas e sub-amostradas por fracionamento, de uma planta representativa da parcela. Esta, por sua vez, foi secada, e a partir da determinação da relação de quebra, foi feita a conversão da biomassa úmida em matéria seca por parcela.

Para a determinação da matéria seca nas plantas de gergelim, as plantas também foram fracionadas, secadas e pesadas para a determinação da matéria seca das partes.

Das plantas verdes, aos 80 dias pós-emergência, foram tomadas apenas uma planta representativa de cada parcela de cada um dos tratamentos para compor a amostra (sem repetição) a ser secada para análise. Estas foram divididas em raízes, folhas, parte aérea (caules e galhos) e cápsulas (em granação).

As plantas extraídas do campo por ocasião da colheita, provenientes de 1,0 m de linha apenas, foram no laboratório, separadas em raízes, parte aérea (caules e galhos),

cápsulas (sem os grãos) e os grãos. Exceto os grãos, as partes de cada parcela foram secadas e pesadas para a obtenção da matéria seca.

Quanto à produção de matéria seca do amendoim forrageiro (massa da parte aérea, raízes e sementes), foi avaliada com base nas amostras representativas coletadas em 625 cm² (0,0625 m²) de cada parcela, depois de fracionadas, secadas e pesadas.

Os materiais secados de milho e gergelim, nas duas modalidades, foram desintegrados e utilizados para análises de tecidos vegetais.

Não se procedeu a análise química dos tecidos vegetais das amostras das plantas das parcelas de amendoim forrageiro para avaliar o efeito da fertilização por interpretar-se que esses tratamentos influenciariam, minimamente, as plantas das leguminosas, exceto o tratamento com dejetos, devido à distância entre os sulcos adubados e as linhas de maior enraizamento do amendoim.

3.2.6.2 Avaliação de composição mineral de tecido vegetal

Das frações de amostras utilizadas para a determinação de matéria seca do milho e do gergelim (80 dias e na colheita), foram moídas em moinho tipo Willey (0,5-1,0 μ), uniformizadas, pesadas e em seguida, submetidas à digestão nitrico-perclórica nos Laboratórios do IF Goiano – RV, para as leituras por espectrofotômetro de absorção atômica, fotômetro de chama ou titulação, dependendo do macronutriente no Laboratório de Química Agrícola da Embrapa Agrobiologia. Foram analisados P, K, Ca e Mg (NOGUEIRA; SOUZA, 2005).

As determinações bioquímicas de incorporação de N na biomassa vegetal (indireto) foram feitas nos Laboratórios de Química do Solo e Bromatologia do IF Goiano – Rio Verde, utilizando o método de digestão sulfúrica e titulação de Kjeldahl (SILVA, 2009).

3.2.7 Métodos de análises fisiológicas no gergelim

Foram realizadas determinações do comportamento fisiológico de plantas para alguns dos tratamentos selecionados, baseando-se em práticas correntes como capina e adubação nitrogenada em cobertura e, para tanto, foram escolhidos os tratamentos 3, 4, 5, e 6 na área desprotegida e na área com proteção quebra-vento, aos 80 dias da emergência das plantas de gergelim. No dia anterior às avaliações, foi selecionado e identificado um par de folhas completamente expandidas do terço inferior, abaixo da primeira inserção floral por planta representativa em cada parcela nas duas áreas do experimento e coletadas para avaliação do potencial hídrico.

Foram avaliados os itens: composição de clorofilas A, B e totais; assimilação de CO₂ (A), condutância estomática (g_s); atividade transpiratória (E); fluorescência (Fv/Fm); eficiência no uso da água (EUA), concentração intra e extra-estomática de CO₂ (Ci/Ca) e potencial hídrico (ψ_w). Estas avaliações, exceto as clorofilas e o potencial hídrico, foram realizadas utilizando o Analisador de Gases no Infravermelho (IRGA), modelo LCI (ADC BioScientific - Great Amwell – England), acoplado a uma fonte de luz artificial, incidindo uma densidade de fluxo de fótons igual a 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, no período entre 7 e 11:00 horas. As coletas foram sequenciais do primeiro ao quarto bloco, alternando entre a área desprotegida e protegida pelo quebra-vento.

O potencial hídrico foi determinado a partir da coleta no campo na condição de escuro, das folhas identificadas e, em laboratório, utilizando a Câmara de Scholander através da aplicação de pressão crescente, foram determinadas as pressões de exsudação dos pecíolos, expressas em MPa - megapascal. A avaliação dos teores de clorofilas, a b e totais foi também realizada no mesmo intervalo através do clorofilômetro portátil ClorofiLOG modelo CFL 1030 (Falker Automação Agrícola), avaliando folhas expandidas, intactas dispostas no terço médio das mesmas plantas já identificadas e representativas de cada parcela. As leituras foram processadas e transformadas em unidades de concentração das clorofilas a, b e totais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises de solo

As médias dos teores dos nutrientes presentes nas amostras representativas dos tratamentos (quatro parcelas por tratamento) em setembro/2012, antes da época de aplicação dos tratamentos de fertilização e constantes na Tabela 2, foram analisadas estatisticamente, tendo sido encontradas diferenças significativa ($p < 0,05$) em relação ao pH, cátions trocáveis (exceto Al^{+++}) e P disponível.

Tabela 3. Valores de pH, cátions trocáveis e fósforo disponível das amostras de terra coletadas na camada de 0-0,20m no mês de setembro de 2012, a partir das áreas com ausência e presença de quebra-vento vegetal.

Área/Bloco	pH (H ₂ O)	Cátions trocáveis				
		Al^{+++} (cmolc/dm ³)	Ca^{++} (cmolc/dm ³)	Mg^{++} (cmolc/dm ³)	K^{+} (mg/dm ³)	P disponível (mg/dm ³)
Sem Q.Vento	6,20b	0 a*	2,96 a	1,80 a	112,31a	2,64 b
Com Q.Vento	6,29a	0 a	2,25 b	1,53 b	92,81 b	3,56 a

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Nesse caso, quando são interpretados os resultados da análise de solo por níveis dos nutrientes, teremos: níveis moderadamente ácidos para pH (5,4 a 6,5), níveis médios para Ca+Mg (2,1- 6,0 cmol_cdm⁻³), níveis médios para K (91-135 mgdm⁻³) e baixos para P (até 10 mgdm⁻³), levando à desconsideração das diferenças estatísticas comparativas entre as áreas sob o aspecto agronômico (FREIRE et al., 2013).

4.2 Variáveis climáticas

Os dados foram coletados após o pleno estabelecimento das culturas do milho 22/12/2012 (42 e 49 dias após a emergência) e da cultura do gergelim 25/05/2013 (45 dias após a emergência). Vale considerar que no estabelecimento da cultura do gergelim, foi necessária repicagem de plântulas para a garantia do estande, prejudicado pela ação de formigas cortadeiras, principalmente na área desprotegida.

4.2.1 Pluviometria

Os dados pluviométricos em mm mês⁻¹ (Figura 1) foram tomados a partir de novembro de 2012, no período em que as culturas estavam estabelecidas. Nos meses de julho e agosto de 2013, não ocorreu precipitação.

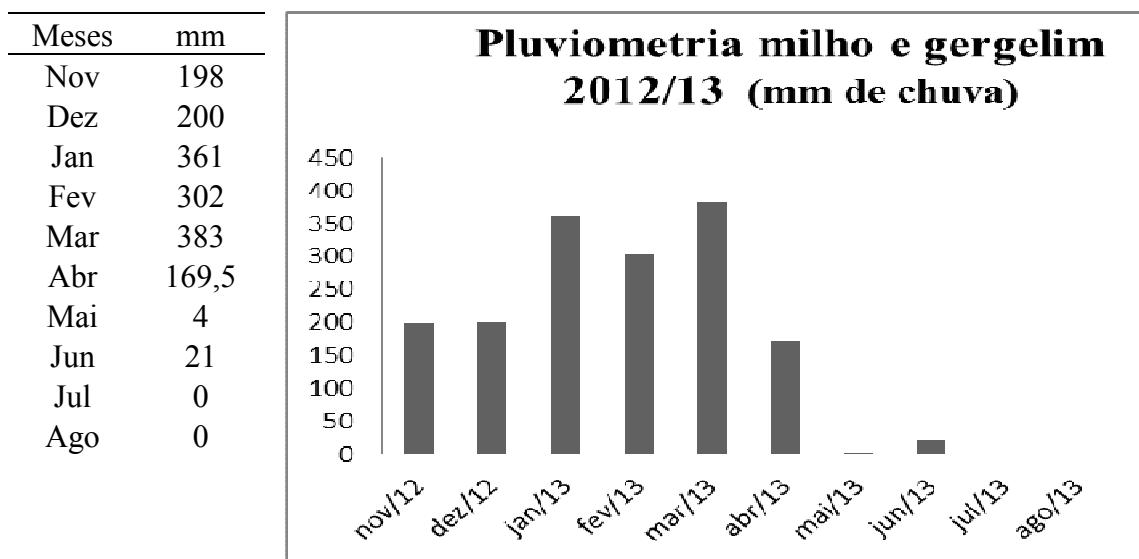


Figura 1 - Taxa de precipitação pluviométrica na área experimental durante os ciclos das culturas do milho (01/11/2012 a 20/03/2013) e do gergelim (02/04/2013 a 15/08/2013) nas condições de campo.

4.2.2 Temperatura do ar

Observou-se que na ausência de quebra-vento, no tratamento capinado que recebeu adubação com P e K por ocasião do cultivo do milho (Tratamento 3), na cultura do milho, houve leve aumento na temperatura (Tabela 4). Essa resposta, ainda que, agronomicamente, seja insignificante, pode ser atribuída à maior refletividade térmica da superfície exposta (PERIN et al., 2004; GASPARIN et al., 2005).

Tabela 4. Valores da Temperatura do ar na cultura do milho na área sem proteção de quebra-vento comparando formas de fertilização.

Fertilização	Temperatura do ar (°C)
PK sem capina	27,63 b
PK + N sem capina	27,45 b
PK capinado	27,87 a
Dejeto líquido de suínos sem capinas	27,46 b
CV(%):	1,10

*As médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

No comparativo entre as duas áreas/blocos (Tabela 5), aquela protegida por quebra-vento, apresentou temperatura do ar superior à observada na área sem proteção, diferenças que alcançaram 1,4°C e 1,1°C, respectivamente, para milho e gergelim.

Tabela 5. Valores da temperatura do ar nas culturas do milho e do gergelim nas duas áreas/blocos, com e sem proteção quebra-vento.

Áreas/Blocos	Milho	Gergelim
	Temperatura (°C)	
Sem proteção QV ¹	27,60 b ²	27,74 b
Com proteção QV	29,09 a	28,86 a
CV(%)	0,64	0,61

¹ QV: quebra-vento; ² Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F, no nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos neste experimento estão em consonância com as constatações de Brandle et al. (2004) e Simba (2010) que relataram variações na temperatura média do ar da ordem de 1 a 3°C em áreas protegidas, quando comparadas a áreas sem proteção de quebra-ventos. Observaram que a condição protegida possibilita melhor crescimento vegetativo, maior altura das plantas, maior índice de área foliar das plantas. Atribuem tais reações, à maior atividade metabólica relacionada à taxa de acumulação de calor, a ponto de produzir encurtamento do ciclo da cultura, além de diminuir o dano mecânico, ainda que na condição de estresse hídrico.

4.2.3 Umidade relativa do ar

Quanto ao progresso da umidade relativa do ar ao longo do ciclo, na área sem proteção de quebra-ventos na cultura do milho não foram detectadas diferenças para os fatores cobertura viva de solo e tampouco pelas formas de fertilização. Na área com proteção foi identificado efeito interativo envolvendo o fator planta de cobertura e forma de fertilização, quando se decompõe o tratamento N, P e K na ausência de capina, sendo a umidade do ar levemente superior no tratamento com cobertura viva formada por amendoim forrageiro. Isso indica, ainda que de forma tênue, que solo coberto com vegetação, propicia a manutenção de maior umidade ao ar subjacente a 1,0m da superfície (Tabela 6).

Tabela 6. Valores de umidade relativa do ar tomados a 1,0 m do solo por ocasião do cultivo de milho na área protegida por quebra-vento vegetal, a partir da interação dos fatores planta de cobertura e fertilização.

Planta de cobertura	Umidade relativa do ar (%)			
	Forma de fertilização			
	PK s/Capina	NPK s/Capina	PK Capinado	Dejeto L. Suíno
Ausência	68,05 Aa*	67,05 Ab	67,02 Aa	67,83 Aa
Presença	68,08 Aa	68,77 Aa	68,02 Aa	68,05 Aa
CV(%)			1,63	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Durante o ciclo do cultivo do milho, a área/bloco protegida por quebra-vento apresentou umidade relativa do ar média, no período avaliado, em torno de 2% superior à área da desprotegida (Tabela 7).

Tabela 7. Valores de umidade relativa do ar tomados a 1,0m do solo por ocasião do cultivo do milho e do gergelim nas duas áreas/blocos, com e sem proteção quebra-vento.

Área/Bloco	Umidade relativa do ar (%)	
	Cultura	
	Milho	Gergelim
Sem proteção quebra-vento	65,78 b*	52,39 b
Com proteção quebra-vento	67,86 a	53,98 a
CV(%)	0,71	0,45

* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F, no nível de 5% de probabilidade.

Durante o ciclo do cultivo do gergelim, a área sem proteção e a área protegida, também expressaram diferença estatística para a variável umidade relativa do ar, sendo que, a exemplo do observado por ocasião do cultivo do milho, a área protegida por quebra-vento apresentou percentuais ligeiramente superiores à área sem proteção, ainda que agronomicamente essa diferença não tenha importância expressiva.

Importante destacar que a presença de plantas de cobertura no cultivo consorciado manteve níveis de umidade relativa do ar ligeiramente mais elevados no interior das parcelas e que, com proteção de quebra-vento vegetal, a diferença se manteve um pouco maior.

4.2.4 Velocidade do vento

Em relação à velocidade do vento por ocasião do cultivo do milho, mas, principalmente no de gergelim, cujo porte é mais baixo, haja vista que as tomadas a 2,0m de altura da superfície do solo, a queda ficou muito evidente no comparativo entre as duas áreas apresentando relação 1: 4,5 ou seja $2,7 \text{ m.s}^{-1} : 12,0 \text{ m.s}^{-1}$. A porosidade média da barreira quebra-vento foi estimada em 40% para ambas as culturas ao longo dos respectivos ciclos (Anexo 5 - Imagens 2 e 3). Em relação à direção do vento, confirmaram-se as previsões de direção predominante NW-SE.

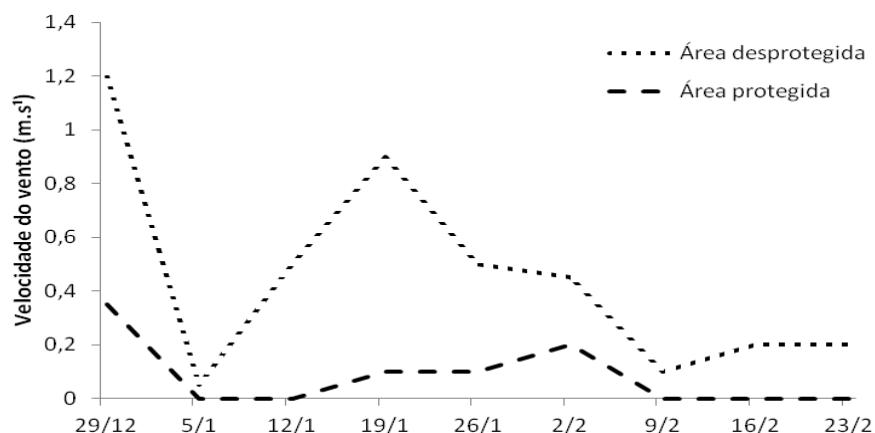


Figura 2 - Velocidade média do vento em diferentes datas de avaliação nas áreas protegida e sem proteção de quebra-vento por ocasião do período de cultivo do milho.

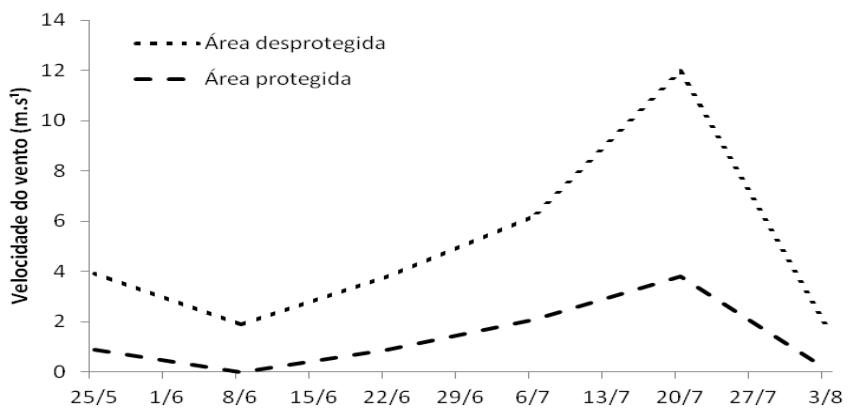


Figura 3 - Velocidade média do vento em diferentes datas de avaliação nas áreas protegida e sem proteção de quebra-vento por ocasião do período de cultivo do gergelim.

Velocidades do vento superiores a $7,5 \text{ m s}^{-1}$ são capazes de promover avarias nas estruturas das folhas e outros tecidos, podendo inclusive interferir na morfologia dos órgãos vegetais das plantas submetidas a frequências e intensidades elevadas de vento incidente, gerando inclusive redução de entrenós e, consequentemente, da altura e produção de biomassa das plantas (KIN; LEDENT, 2003; ONODA; ANTEN, 2011).

Embora as velocidades descritas tenham sido provenientes de registros pontuais, as plantas de gergelim da área sem proteção, ao longo do ciclo, enfrentaram velocidades maiores que $7,5 \text{ m s}^{-1}$, a ponto de acusarem alguns sintomas como a redução na altura.

4.2.5 Temperatura do solo

4.2.5.1 Período de cultivo do milho

Tendo em vista que as tomadas de temperatura foram feitas na profundidade de 0 - 0,10m, os resultados não expressaram tendências evidentes no comparativo entre as áreas com presença e ausência de quebra-vento.

Nesse sentido, os efeitos interativos dos fatores planta de cobertura e forma de fertilização foram detectados dentro das áreas/blocos, todavia, a tendência observada não permitiu identificar claramente o fenômeno, influenciando as modificações da temperatura do solo (Tabelas 8).

Tabela 8. Valores das temperaturas do solo na cultura do milho nas áreas/blocos sem e com proteção de quebra-vento resultantes da interação entre planta de cobertura e formas de fertilização.

Forma de fertilização	Área sem proteção quebra-vento		Área com proteção quebra-vento	
	Temperatura do solo (°C)		Temperatura do solo (°C)	
	Planta de Cobertura	Planta de Cobertura	Planta de Cobertura	Presença
Ausência	Presença	Ausência	Presença	
PK s/Capina	24,07Aa*	23,60Bb	24,82Ba	24,35Aa
NPK s/ Capina	23,81Aa	23,88Aa	25,08Aa	24,22Aa
PK Capinado	24,05Aa	23,96Aa	25,25Aa	24,03Aa
Dejeto L. Suíno	23,71Aa	23,58Ba	24,48Ba	23,90Aa
CV(%)	1,11		1,11	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Os resultados publicados por Silva et al. (2007) mostraram diferenças marcantes na temperatura de solo, porém as avaliações foram conduzidas na profundidade de 0,0-0,05m. Em contrapartida, variações significativas de temperatura do solo foram identificadas em tomadas de 0,0-0,10 m no trabalho de Gasparin et al. (2005), em solo com presença e ausência de cobertura (viva e morta).

4.2.5.2 Período de cultivo do Gergelim

Assim, como observado no milho, no ciclo de cultivo do gergelim, foram observadas diferenças em relação a alguns tratamentos, porém as variações foram inferiores a 1°C, sendo as temperaturas mais baixas detectadas na presença de cobertura viva com amendoim forrageiro (Tabela 9) e na presença de proteção com quebra-vento vegetal (Tabela 10).

Tabela 9. Valores das temperaturas do solo na cultura do gergelim nas áreas/blocos sem e com proteção de quebra-vento resultantes da interação entre planta de cobertura e formas de fertilização.

Forma de fertilização	Área sem proteção quebra-vento		Área com proteção quebra-vento	
	Temperatura do solo (°C)		Temperatura do solo (°C)	
	Planta de Cobertura	Planta de Cobertura	Planta de Cobertura	Presença
Ausência	Presença	Ausência	Presença	
PK s/Capina	21,61Aa*	21,23Aa	21,54Aa	21,25Aa
NPK s/ Capina	21,73Aa	21,37Aa	21,43Aa	20,94Ab
PK Capinado	21,71Aa	21,30Ab	21,35Aa	21,15Aa
Dejeto L. Suíno	21,44Aa	21,31Aa	21,31Aa	21,12Aa
CV(%)	1,28		1,31	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 10. Valores das temperaturas do solo na cultura do gergelim nas duas áreas/blocos, com e sem proteção quebra-vento.

Áreas/Bloco	Temperaturas (°C)
Sem proteção quebra-vento	21,46 a*
Com proteção quebra-vento	21,26 b
CV(%):	0,51

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

4.2.6 Umidade do solo

4.2.6.1 Período de cultivo do milho

Quanto à umidade de solo, tanto o fator cobertura viva de solo, quanto forma de fertilização e a proteção quebra-vento, no ciclo do milho não logrou efeito, o que fica evidenciado ao se contrastar a presença e ausência de proteção quebra-vento em todas as épocas de avaliação como indicada na Figura 4, a seguir:

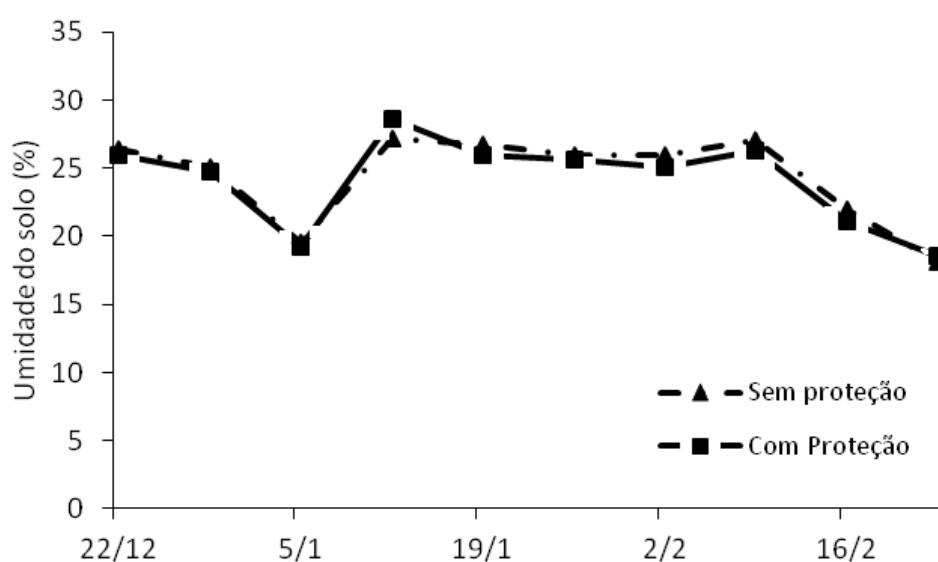


Figura 4 - Médias dos percentuais de umidade do solo de 0-0,20 m de profundidade das parcelas nas áreas/blocos sem e com proteção quebra-vento durante a cultura do milho.

4.2.6.2 Período de cultivo do gergelim

O efeito que predominou quanto aos teores de umidade do solo foi decorrente da presença da cobertura viva de solo formada pelo amendoim forrageiro. A redução do teor de umidade, na presença do amendoim forrageiro, não foi eliminada pela proteção quebra-vento (Tabela 11), que também não influenciou esta variável do solo (Figura 5).

Na área sem proteção quebra-vento, as modalidades de fertilização não resultaram em diferença quanto à umidade gravimétrica. Por outro lado, na área

protegida por quebra-vento, detectou-se efeito a partir da interação entre os fatores cobertura viva e forma de fertilização (Tabelas 12).

O efeito residual da adubação orgânica realizada com dejetos de suínos conservou mais a umidade do que as outras modalidades de adubação (Tabela 12), possivelmente, devido à maior cobertura de solo proporcionada pela palhada de milho disposta sobre o terreno após a colheita das espigas extraordinariamente mais abundante do que nos demais tratamentos, além de possíveis efeitos inerentes aos adubos orgânicos como a capacidade de retenção de umidade, em decorrência da presença de substâncias coloidais que, apresentam superfície com alta relação área/volume, o que garante um padrão elevado de hidratação das micelas e agregados do solo (SANTOS; CAMARGO, 1999; LARCHER, 2006).

Deve-se observar que na área protegida pelo quebra-vento, a aplicação do dejetos atenuou o efeito da cobertura viva no que concerne à umidade, quando comparada aos demais tratamentos com fertilização (Tabela 12). Infere-se também que o bulbo úmido de 0,5 m formado quando da disposição do dejetos líquido nos sulcos, por ocasião do plantio do milho, tenha, com a ajuda das chuvas, se dispersado pelas entrelinhas da cultura, tendo sido detectado por ocasião das coletas de solo para as avaliações de umidade gravimétrica (semanais no ciclo do milho e quinzenais no gergelim).

Tabela 11. Teores de umidade gravimétrica do solo no período de cultivo do gergelim a partir dos fatores cobertura viva com amendoim forrageiro e proteção de quebra-vento.

Planta de Cobertura	Quebra-vento	
	Sem proteção	Com proteção
Ausência	18,40 a*	18,22 a
Presença	17,86 b	17,66 b
CV(%):	2,92	1,55

* Médias seguidas de letras iguais dentro da coluna, não diferem entre si pelo teste F no nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12. Valores da umidade do solo na cultura do gergelim considerando o efeito da interação de planta de cobertura x formas de fertilização na área/bloco com proteção de quebra-vento.

Planta de cobertura	Forma de fertilização			
	Umidade do solo (%)			
	PK s/Capina	NPK s/Capina	PK Capinado	Dejeto L. Suíno
Ausência	18,14Aa*	18,42Aa	18,08Aa	18,24Aa
Presença	17,57Bb	17,70Bb	17,33Bb	18,05Aa
CV(%):			1,55	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F (fator planta de cobertura) e Scott Knott (fator forma de fertilização) no nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

A Figura 5, a seguir, mostra a semelhança da dinâmica da umidade do solo nas duas áreas/blocos sem e com proteção de quebra-vento.



Figura 5 - Médias dos percentuais de umidade do solo de 0-0,20 m de profundidade das parcelas nas áreas/blocos sem e com proteção quebra-vento durante o período de cultivo do gergelim.

4.3 Desempenho produtivo do milho e do gergelim cultivados em sucessão

Quanto às avaliações de produtividades tanto de milho quanto gergelim, considerou-se, além da produtividade de grãos, também a acumulação de matéria seca da parte aérea, além de outros componentes, por interpretar-se que numa sucessão consorciada, o aporte das palhadas interfere na conservação de umidade, atividade microbiológica e consequente ciclagem de nutrientes provenientes das culturas.

4.3.1 Milho sem proteção quebra-vento

Em relação às produtividades de biomassa seca de parte aérea e de grãos, observou-se efeito interativo, envolvendo os fatores: cobertura viva de solo e modo de fertilização.

Quando o milho foi cultivado na ausência de quebra-vento vegetal, notou-se que ambas as variáveis não foram influenciadas pela presença do amendoim forrageiro, quando se realizou a adubação com dejetos de suínos (Tabelas 13). No entanto, os níveis de produtividade de biomassa e de grãos na presença de amendoim forrageiro foram menores quando as fontes de nutrientes aplicadas foram sintéticas (Anexo 5).

Nesse diapasão, interpretando os resultados de fertilização que contemplaram apenas a aplicação concomitante de P e de K por ocasião do plantio do milho, sem a aplicação de ureia, percebeu-se que, na área sem proteção de quebra-vento, no tratamento capinado, tanto a produtividade de biomassa quanto de grãos, foi menor na presença do amendoim forrageiro, indicando a competição exercida por esta leguminosa (Anexo 5 - Imagens 4, 6 e 7). Por outro lado, a produtividade de grãos não foi influenciada pelo amendoim quando a operação de capina não foi feita tanto na presença quanto na ausência da adubação nitrogenada associada à aplicação de P e K (Tabela 13).

Quando da realização da operação de capina, observou-se que na ausência do amendoim forrageiro, as plantas de milho, fertilizadas apenas com P e K, foram provavelmente favorecidas pela manutenção dos resíduos mineralizados de ervas espontâneas ao solo, concomitante à ausência de competição visivelmente estabelecida no tratamento sem capina para produção de grãos (FAVERO et al., 2000).

Constatou-se, portanto, que na presença de amendoim forrageiro, para a produção de grãos do milho sem proteção quebra-vento, não se justificou a operação de capina.

Tabela 13. Valores de produção de biomassa seca de parte aérea e produtividade de grãos na cultura do milho considerando o efeito da interação de planta de cobertura e formas de fertilização na área/bloco sem proteção de quebra-vento

Forma de fertilização	Produtividade de biomassa seca de parte aérea (Kg ha ⁻¹)		Produtividade de biomassa seca de grãos (Kg ha ⁻¹)	
	Planta de Cobertura		Planta de Cobertura	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
PK s/Capina	11987,59Ba*	11583,42Ba	3463,54Ca	3598,47Ca
NPK s/ Capina	14950,53Ba	9688,96Bb	7788,93Aa	6031,34Ba
PK Capinado	13,486,21Ba	6619,29Cb	5968,00Ba	3267,51Cb
Dejeto L. Suíno	19132,65Aa	22425,19Aa	8752,61Aa	9054,63Aa
CV(%)	16,63		26,57	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

4.3.2 Milho com proteção quebra-vento

Na área com a proteção de quebra-ventos, as produtividades de biomassa seca da parte aérea, bem como, a de grãos, foram influenciadas pela interação, envolvendo planta de cobertura e fertilização (Tabela 14).

No que tange à planta de cobertura, a competição com a cultura do milho foi evidente, enquanto que, para o fator fertilização, a fonte utilizada determinou a proeminência do resultado, com destaque para a aplicação de dejeto de suínos.

A presença de efeito interativo dos fatores, planta de cobertura e fertilização conduzem à paradoxal condição de sinergismo em favor da interação positiva do tratamento, envolvendo o efeito da aplicação do dejeto de suínos com o fator planta de cobertura com a proteção de quebra-vento, alterando a tendência de produtividades menores nos tratamentos consorciados com o amendoim forrageiro quando comparados com a condição solteira (Anexo 5 - Imagens 12 e 13).

Recorrendo-se aos dados de umidade de solo, observa-se que nesses tratamentos, a depressão de umidade provocada pela presença da leguminosa cobrindo a superfície, praticamente não foi verificada. Estudos utilizando estercos líquidos concluíram que esta matéria orgânica proporciona uma maior estabilidade no fluxo de umidade no perfil do solo, reduzindo sobremaneira as perdas e melhorando o "status hídrico" do solo e, por conseguinte, das plantas (BARILLI, 2005; LIMA et al., 2013).

Tabela 14. Valores de produtividades de biomassa seca de parte aérea e de grãos na cultura do milho considerando o efeito da interação de planta de cobertura e formas de fertilização na área/bloco com proteção de quebra-vento.

Forma de fertilização	Produtividade de biomassa seca de parte aérea (Kg ha ⁻¹)		Produtividade de biomassa seca de grãos (Kg ha ⁻¹)	
	Planta de Cobertura		Planta de Cobertura	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
PK s/Capina	10312,86Ba*	6586,72Cb	5103,09Aa	1786,71Cb
NPK s/ Capina	11771,97Ba	10529,11Ba	6261,54Aa	4477,50Ba
PK Capinado	8488,96Ba	5194,49Cb	5778,34Aa	2249,77Cb
Dejeto L. Suíno	16980,97Ab	22699,63Aa	7768,34Ab	9894,46Aa
CV(%)	15,89		25,02	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Novamente, aqui, na presença de proteção de quebra-vento vegetal, cabe a constatação de que na presença de amendoim forrageiro, para a produção de matéria seca e de grãos de milho, não se justifica a operação de capina.

4.3.3 Gergelim sem proteção quebra-vento

Na cultura do gergelim, as variáveis produtividades de biomassa seca de parte aérea e de grãos, os resultados alcançados denotaram evidente competição entre planta de cobertura e a cultura. A partir dos resultados, interpreta-se a ocorrência de reciclagem de nutrientes gerados pela decomposição de restos de ervas por ocasião da capina, ao mesmo tempo em que no tratamento capinado, na presença de amendoim forrageiro, a queda em produtividade tornou-se mais evidente quando comparada ao tratamento fertilizado com P e K sem a leguminosa (Tabela 15).

Assim como observado para o milho, o efeito da interação dos fatores planta de cobertura e fertilização (resíduo) foi detectado, tanto na produtividade de biomassa de parte aérea, quanto de cápsulas com os grãos (Tabela 15).

Tabela 15. Valores de produção de biomassa seca de parte aérea, de cápsulas e grãos e biomassa total na cultura do gergelim considerando o efeito da interação de planta de cobertura e formas de fertilização na área/bloco sem proteção de quebra-vento.

Forma de fertilização	Produtividade de biomassa seca de parte aérea (Kg ha ⁻¹)		Produtividade de biomassa seca cápsulas e grãos (Kg ha ⁻¹)		Produtividade de biomassa seca total (Kg ha ⁻¹)	
	Planta de Cobertura		Planta de Cobertura		Planta de Cobertura	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença
PK s/Capina	763,44Aa*	653,78Aa	928,78Aa	920,56Aa	1822,21 Aa	1716,02 Aa
NPK s/ Capina	714,56Aa	685,11Aa	1001,11Aa	832,00Aa	1870,07 Aa	1646,50 Aa
PK Capinado	854,11Aa	535,56Ab	1067,00Aa	691,56Ab	2098,54 Aa	1341,14 Ab
Dejeto L. Suíno	963,66Aa	824,33Aa	1242,22Aa	1060,11Aa	2385,49 Aa	2042,75 Aa
CV(%)	26,25		23,06		23,38	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Ainda que seja notável o efeito residual prolongado do adubo orgânico dentre os modos de fertilização para a condição sem quebra-vento, a comparação das médias entre eles não indicou diferença estatística.

Tabela 16. Valores de produção de biomassa de grãos na cultura do gergelim na área/bloco sem proteção de quebra-vento considerando o fator planta de cobertura (consórcio).

Planta de cobertura	Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)
Ausência	499,00 a*
Presença	400,40 b
CV (%):	26,30

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste F no nível de 5% de probabilidade.

Para a área/bloco sem proteção, o efeito competitivo da planta de cobertura ficou evidente, e estatisticamente diferente no tratamento de fertilização P e K com capina, onde a modalidade com a cobertura viva para as diversas variáveis analisadas apresentaram valores menores que a não consorciada (Tabela 15). Na comparação geral das médias da área/bloco, a diferença se confirmou, indicando produtividade de grãos 20% inferiores quando se aplica o consórcio (Tabela 16).

4.3.4 Gergelim com proteção quebra-vento

Quanto ao desempenho das plantas de gergelim relativas aos tratamentos que envolveram capinas, infere-se que tal prática, aplicada à estação seca ainda que elimine a competição das ervas espontâneas com a cultura, ao gerar alguma escarificação no solo, facilita a dessecação do mesmo, sem proporcionar vantagem proveniente da redução da competição, tampouco da mineralização das plantas decepadas (Tabela 12). Resíduos de adubação incorporados aos compartimentos do solo, associados à boa cobertura do mesmo pelos restos culturais de milho, são diferenciais para a interpretação das diversas variáveis que seguem:

Tabela 17. Valores de produção de biomassa seca de parte aérea, de cápsulas e grãos e biomassa total na cultura do gergelim considerando o efeito da interação de planta de cobertura e formas de fertilização na área/bloco com proteção de quebra-vento.

	Produtividade de biomassa seca de parte aérea (Kg ha ⁻¹)		Produtividade de biomassa seca cápsulas e grãos (Kg ha ⁻¹)		Produtividade de biomassa seca total (Kg ha ⁻¹)	
	Planta de Cobertura	Planta de Cobertura	Planta de Cobertura	Planta de Cobertura	Planta de Cobertura	Planta de Cobertura
Forma de fertilização	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença
PK s/Capina	1097,78 Aa	644,78 Bb*	1288,44 Ba	808,44 Ba	2547,78 Ba	1586,87 Bb
NPK s/ Capina	1143,56 Aa	902,67 Ba	1328,56 Ba	1107,67 Aa	2627,66 Ba	2165,17 Aa
PK Capinado	790,67 Ba	708,00 Ba	1003,11 Ba	842,78 Ba	1916,31 Ba	1666,17 Ba
Dejeto L. Suíno	1432,89 Aa	1164,44 Aa	1747,78 Aa	1405,33 Aa	3392,32 Aa	2756,16 Aa
CV(%)	22,62		20,23		20,86	

* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Também para a área com proteção de quebra-vento, as parcelas dos tratamentos com a planta de cobertura, tiveram desempenho inferior ao de parcelas dos tratamentos solteiros. No entanto, para boa parte das variáveis analisadas (Tabelas 17 e 18), a produtividade das parcelas com plantas de cobertura e sob o efeito residual da fertilização com dejetos de suínos, não tiveram sua produtividade, drasticamente, sacrificada pela presença da leguminosa, reduzindo os efeitos da competição do amendoim forrageiro com a cultura, inclusive para os períodos secos.

Tabela 18. Valores de produção de biomassa de grãos, altura média das plantas e número médio de cápsulas por planta na cultura do gergelim considerando o efeito da interação de planta de cobertura e formas de fertilização na área/bloco com proteção de quebra-vento.

Forma de fertilização	Produtividade de grãos (Kg ha ⁻¹)		Altura média das plantas (cm)		Número médio de cápsulas por planta	
	Planta de Cobertura		Planta de Cobertura		Planta de Cobertura	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença	Ausência	Presença
PK s/Capina	619,91 Ba*	369,82 Bb	135,75 Aa	106,75 Bb	29,60 Ba	19,10Ab
NPK s/ Capina	653,02 Ba	509,41 Bb	134,25 Aa	116,75 Bb	27,00 Ba	22,75Ab
PK Capinado	476,82 Ba	392,55 Ba	115,75 Ba	109,25 Ba	20,50 Ba	16,9Aa
Dejeto L. Suíno	837,65 Aa	661,85 Ab	143,75 Aa	131,00 Ab	38,90 Aa	28,9Ab
CV(%)	19,70		6,71		26,83	

* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Para a área/bloco protegida por quebra-vento (Tabela 18), considerando os tratamentos que se valeram dos resíduos de adubação contendo componentes nitrogenados (ureia ou dejetos de suínos), para a maior parte das variáveis analisadas, expressaram desempenho vegetal, com melhor aproveitamento dessas fontes para a cultura da sucessão, no caso, o gergelim.

Salienta-se que em ambiente sem proteção, as perdas são bastante acentuadas, a ponto de não haver diferença estatística para a maior parte das variáveis para as fertilizações químicas. Essa constatação nos remete ao fato de que sob condições nutricionais e ambientais favoráveis, as plantas tendem a produzir mais (SILVA et al., 2007; LIMA et al., 2013)

Tabela 19. Valores dos componentes de produção da cultura do gergelim incluindo densidade e altura de plantas, produção de biomassa seca total, biomassa de grãos, biomassa seca por planta e cápsulas por planta no comparativo entre as áreas/blocos com e sem quebra-vento.

Proteção Quebra-Vento	Nº Plantas m ⁻¹	Altura (m)	Biomassa Seca Total (Kg ha ⁻¹)	Produtividade Grãos (Kg ha ⁻¹)	Biomassa Seca planta ⁻¹ (g)	Cápsulas por planta (nº)	Peso de 1000 grãos (g)
Sem	19,37 b	0,89 b	1865,34 b	449,70 b	8,73 a*	20,69 b	2,835a
Com	23,68 a	1,24 a	2332,31 a	565,13 a	8,96 a	25,43 a	2,845a
CV(%):	4,09	7,92	14,54	15,01	12,35	17,15	1,94

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F no nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 19, observando o número de plantas por metro linear, na área com proteção, a exemplo da área/bloco sem proteção, não houve diferença significativa entre as parcelas, no entanto, a área protegida, após o raleamento, manteve uma população 20% superior à desprotegida. Considerando que ambas as populações estiveram acima do *stand* recomendável, em torno de 15 plantas por metro linear, mesmo assim, não houve diferença significativa na matéria seca acumulada por cada planta nas duas situações de proteção. Isso justifica a vantagem na produção de matéria seca total (+ 28%) e consequente produção de grãos por hectare (+ 26%).

Nesse aspecto, a contagem de cápsulas por planta, 23% superior, não repercutiu diretamente na produtividade em grãos, o que poderia ser atribuída a uma diferença de densidade dos grãos, fator esse estatisticamente igual. No número de grãos por cápsula (fator não avaliado), poderia estar a diferença em desfavor da área protegida por quebra-vento.

Essa premissa encontra relação com a constatação de Nuberg e Mylius (2002), em experimento realizado com trigo, quando obtiveram em área protegida por quebra-vento, uma produção de biomassa aérea 11% superior (+21% de caules e + 20% de folhas) à da área desprotegida, no entanto, com avaliação de peso de 1000 grãos, 12,6% menor que a produção sem quebra-vento. Nas condições australianas específicas, os autores não obtiveram diferença significativa na produtividade do trigo no comparativo das áreas, diferente do nosso caso.

4.3.5 Amendoim forrageiro

De acordo com amostragem de porção de plantas + raízes + sementes (625 cm^2) (Anexo 5 - Imagens 21 e 22) de amendoim forrageiro (*A. pintoi*) aos 18 meses de implantação (após a colheita do gergelim), obteve-se produção de biomassa seca total de $3465,60 \text{ kg ha}^{-1}$ e $3882,56 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente para a área sem e com proteção quebra-vento, não havendo diferença significativa entre os diferentes tratamentos de fertilização para ambas as áreas. A pequena massa seca se deve à paralisação do crescimento das plantas quando da escassez de umidade.

A razão massa seca de raízes/massa seca parte aérea (exceto sementes) foi de 0,317 para a área sem proteção e 0,261 para a área protegida, confirmando que, sob proteção, esse parâmetro normalmente é menor, uma vez que, via de regra, na condição de proteção, as plantas desenvolvem relativamente mais a parte aérea (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Acerca da deposição e incorporação de N fixado e de P mineralizado a partir da senescência das estruturas mais antigas das plantas, os dados de acumulação diferencial nos tecidos das plantas, principalmente do gergelim, não confirmaram a transferência de N. Para P a premissa de que a leguminosa transfere o nutriente para as plantas do consórcio foi verificado mais intensamente na área com proteção quebra-vento (item 4.7)

4.4 Supressão de ervas espontâneas

Avaliação realizada aos 40 dias pós-emergência da cultura do milho indicou a cobertura de amendoim forrageiro de 90 a 100% (diferenças estatísticas não

significativas) da superfície das parcelas, contra até 60% da cobertura das infestantes, principalmente de *Commelina bengalensis* e *Urochloa plantaginea*.

Tabela 20. Porcentagens de cobertura de solo por gramíneas e latifoliadas espontâneas aos 40 dias da emergência da cultura do milho em área/bloco sem proteção de quebra-ventos considerando o efeito da interação entre formas de fertilização e planta de cobertura (consórcio).

Forma de Fertilização	% de cobertura de solo por gramíneas		% de cobertura de solo por latifoliadas	
	Planta de Cobertura		Planta de Cobertura	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
PK s/Capina	7,00 B a*	7,75 A a	31,50 A a	24,50 A a
NPK s/ Capina	7,25 B a	7,50 A a	28,25 A a	18,75 A a
PK Capinado	1,50 B a	1,50 A a	7,75 B a	10,00 A a
Dejeto L. Suíno	15,00 A a	7,25 A a	32,00 A a	15,50 A a
CV(%)	81,27		53,13	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 21. Porcentagens de cobertura de solo por gramíneas e latifoliadas espontâneas aos 40 dias da emergência da cultura do milho em área/bloco com proteção de quebra-ventos considerando o efeito da interação entre formas de fertilização e planta de cobertura (consórcio).

Forma de fertilização	% de cobertura de solo por gramíneas		% de cobertura de solo por latifoliadas	
	Planta de Cobertura		Planta de Cobertura	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
PK s/Capina	3,25 A a*	2,25 B a	38,25 A a	35,00 A a
NPK s/ Capina	5,00 A a	5,25 A a	30,25 A a	13,25 B a
PK Capinado	2,50 A a	0,50 B a	9,00 B a	8,00 B a
Dejeto L. Suíno	5,00 A a	5,00 A a	33,00 A a	10,50 B b
CV(%)	65,86		59,98	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 22. Porcentagem média de cobertura de solo por gramíneas e latifoliadas espontâneas aos 40 dias da emergência do milho na comparação das áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento.

Áreas/Blocos	Gramíneas	Latifoliadas
Sem proteção quebra-vento	6,84 a*	21,03 a
Com proteção quebra-vento	3,59 b	22,15 a
CV:	44,94%	18,00%

*As médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F no nível de 5% de probabilidade.

Pelos dados apresentados, interpreta-se primeiramente que a pressão das ervas espontâneas na cultura do milho, 30 dias após a capina da área foi pequena, baseando-se no percentual de ocupação da superfície pelas infestantes, principalmente pelas gramíneas. As latifoliadas predominantes (*Commelina benghalensis* L., *Indigofera suffruticosa* Mill., *Crotalaria lanceolata* E. Mey), pelo fato de apresentarem prostração e

expansão de copa mais expressivas, predominaram na ocupação do território. O que os dados indicam é que em terreno mais fertilizado, também as ervas espontâneas apresentam melhor desenvolvimento, sem, no entanto, implicar em prejuízo acentuado às culturas, devido à matocompetição por água e nutrientes.

Considerando que, quando do preparo e semeadura do gergelim foi realizada uma roçagem e dessecação na linha de sulcamento, a competição de espontâneas foi minimizada a ponto de ao final do ciclo da cultura, praticamente não haver competição na linha de plantas. Isso se deve à baixa pluviosidade persistente durante todo o ciclo do gergelim.

4.5 Manejo de palhada

Resultado da disposição dos colmos e folhas de milho quando cortados a 0,10m do solo, no sentido longitudinal e próximo às linhas das touceiras remanescentes (diferentes biomassas: Tabelas 13 e 14), proporcionaram considerável proteção do solo nas parcelas com gergelim justamente nas proximidades das linhas de crescimento da pedaliácea (Anexo 5 - Imagens 25, 26 e 33). Considerando que por ocasião do plantio do gergelim, jazia no solo baixa pressão de espontâneas, devido às operações de roçagem e dessecação, anteriormente, há que se considerar a possibilidade de ocorrência de alguma ciclagem de nutrientes via decomposição dos restos.

Levando em conta que por ocasião da colheita do milho e a urgência na implantação da cultura do gergelim em sistema de plantio direto sobre cobertura viva, e para viabilizar a operação de sulcamento para posterior semeio do gergelim, tenha-se optado pela dessecação das pontas dos estolões do amendoim forrageiro, verificou-se que as operações garantiram a isenção de prostração da leguminosa até o final do ciclo da cultura, além de controlar outras ervas próximas às raízes das plantas do gergelim.

4.6 Análise química de tecido vegetal

Baseia-se na premissa de que, existe, dentro de certos limites entre a produção da cultura e o teor do nutriente no tecido vegetal analisado, e esse teor, por sua vez, apresenta correlação com a quantidade do elemento disponibilizado pelo solo.

4.6.1 Milho

4.6.1.1 Milho sem proteção quebra-vento

As amostras de caule e folhas de milho analisadas apontam os seguintes resultados percentuais dos nutrientes na biomassa seca nas duas áreas distintas:

Para o milho da área sem proteção de quebra-vento, as análises estatísticas dos conteúdos percentuais de N e Ca, não apresentaram diferenças significativas entre os

tratamentos. Para os nutrientes P e K analisados, os resultados são os que seguem na Tabela.

Tabela 23. Teor de P e K na biomassa seca (colmo e folhas) de milho proveniente da área sem proteção de quebra-vento considerando a interação dos fatores formas de fertilização e planta de cobertura (consórcio).

Forma de fertilização	Teor de P na biomassa seca (g kg ⁻¹)		Teor de K na biomassa seca (g kg ⁻¹)	
	Planta de Cobertura		Planta de Cobertura	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
PK s/Capina	0,50Aa	0,70Aa	10,70Aa	6,00Ab
NPK s/ Capina	0,30Aa	0,30Ba	6,70Aa	5,50Aa
PK Capinado	0,40Ab	1,00Aa	7,80Aa	6,50Aa
Dejeto L. Suíno	0,60Aa	0,40Ba	8,50Aa	6,40Aa
CV(%)	53,98		42,96	

* As médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Os resultados da Tabela 23 sugerem que dos teores de P disponíveis no solo, possivelmente, com alguma contribuição da mineralização promovida pela planta de cobertura e que foram absorvidos pelo milho, somente aquelas melhor nutridas, conseguiram acumular e drenar, adequadamente, as substâncias fosfatadas para os grãos. Do contrário, os maiores teores de P remanescentes nos colmos e folhas, ocorreram nos tratamentos do consórcio, nutricionalmente mais desequilibrados. Por outro lado, considerando a quantidade aproximada do nutriente por planta nos diferentes tratamentos, as plantas com menor biomassa, apresentaram maiores concentrações residuais de P na biomassa seca dos colmos e folhas.

A Tabela 23 também apresenta os teores mais elevados de K na biomassa de colmos e folhas de milho, sem proteção de quebra-vento nos tratamentos solteiros. Sugere, portanto, que a planta de cobertura estaria competindo com o milho na absorção do nutriente, reduzindo as sobras para os tecidos analisados.

Tabela 24. Teor de Mg na biomassa seca (colmo e folhas) de milho proveniente da área sem proteção de quebra-vento considerando o efeito de formas de fertilização.

Fertilização	Teor de Mg na biomassa seca (g kg ⁻¹)
PK s/capina	2,20 b
NPK s/capina	2,40 b
PK capinado	2,00 b
Dejeto L. Suíno	3,30 a
CV(%):	38,08

* As médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Diretamente relacionado com as estruturas nitrogenadas como a clorofila e uma série de enzimas, e à transferência de fosfatos (TAIZ; ZEIGER, 2009), a Tabela 24 indica que dentre os tratamentos de fertilização, aquele melhor suprido por N, foi o que também manteve maiores concentrações de Mg na palhada (colmo e folhas). Soma-se a potencialidade da matéria orgânica do solo em proporcionar um maior equilíbrio

metabólico para as plantas quando instaladas no ambiente edáfico mais dinâmico (LARCHER, 2006).

4.6.1.2 Milho com proteção quebra-vento

Para o milho cultivado em área com proteção, as análises estatísticas dos conteúdos percentuais de P, Ca e Mg para o fator fertilização isolado, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. Isso ocorreu apenas para N cujos resultados constam na Tabela 25.

Infere-se que a participação do N na construção de aminoácidos e de todas as enzimas presentes do metabolismo vegetal, gerando acumulação nos tecidos, tem relação com o suprimento do nutriente via solo. Os dados mais salientes coincidem com o tratamento em que houve o suprimento mais equilibrado do nutriente desde o início do ciclo da cultura, ou seja, o que recebeu a fertilização com dejeto líquido de suínos na base.

Tabela 25. Teor de N na biomassa seca (colmo e folhas) de milho proveniente da área com proteção de quebra-vento considerando o efeito de formas de fertilização.

Fertilização	Teor de N na biomassa seca (g kg ⁻¹)
PK s/ capina	5,00 b
NPK s/ capina	5,00 b
PK capinado	5,20 b
Dejeto L. Suíno	6,60 a
CV:	21,68%

* As médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade.

Em relação ao K, os dados apresentados na Tabela 26, considerando que a oferta do nutriente se deu em todas as modalidades de fertilização, a exemplo da área desprotegida por quebra-vento, a condição protegida também indicou severa competição das plantas de cobertura com as plantas de milho consorciado, tanto para as plantas dos tratamentos bem ou mal equilibrados nutricionalmente.

Tabela 26. Teor de K na biomassa seca (colmo e folhas) de milho proveniente da área com proteção de quebra-vento considerando a interação dos fatores formas de fertilização x planta de cobertura (consórcio).

Planta de cobertura	Forma de fertilização			
	Teor de K na biomassa seca (g kg ⁻¹)			
	PK s/Capina	NPK s/Capina	PK Capinado	Dejeto L. Suíno
Ausência	10,40 A a	8,00 A a	11,20 A a	11,20 A a
Presença	9,00 A a	6,50 A a	5,80 A b	5,80 A b
CV(%)			40,30	

* As médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

No comparativo entre as áreas/blocos com e sem quebra-vento, os dados da Tabela 27 apontam para uma maior acumulação de P na palhada de milho protegido por quebra-vento, podendo indicar certa dificuldade das plantas em drenar tal nutriente para os grãos. Essa conjectura pode não se suportar pelo fato de não ter sido analisada a composição mineral dos grãos, tendo sido avaliada apenas a acumulação de matéria seca (biomassa).

Tabela 27. Teores dos macronutrientes P, Ca e Mg na biomassa seca (colmo e folhas) de milho, na comparação entre as áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento.

Áreas/Blocos	P (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)
Sem proteção quebra-vento	0,58 b*	1,95 a	2,52 a
Com proteção quebra-vento	0,84 a	0,97 b	1,80 b
CV (%):	13,12	27,81	18,00

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Em relação ao Ca, o nutriente tem participação na estruturação celular na composição dos tecidos dos colmos, que sem proteção, demandam um reforço na sua composição, além de outras providências das plantas, no sentido de se tornarem mais compactas e resistentes às pressões do meio, principalmente, sob pleno suprimento hídrico (KIN; LEDENT, 2003). Essa maior concentração de estruturas num mesmo volume, eleva o teor do elemento estruturante, no caso o Ca. Apesar de não terem sido dimensionados os sistemas radiculares, tampouco, as alturas das plantas, na ausência de proteção quebra-vento, as plantas tendem a alongar mais suas raízes, inclusive modificando a razão raiz/parte aérea para maior, quando comparadas às plantas protegidas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

No caso do Magnésio, apesar de maior mobilidade na planta, também se apresentou em maior concentração nos colmos e folhas de plantas de milho analisadas provenientes das áreas sem quebra-vento. À semelhança à do Ca, a diferença pode-se dar também pela relação raiz/parte aérea. Ou pela maior concentração de Mg nos tecidos ligeiramente mais compactados e mais densos, principalmente, das folhas (KIN; LEDENT, 2003).

4.6.2 Gergelim

Das amostras das secções das plantas de gergelim colhidas nos dois momentos (80 dias da emergência e na colheita) após secadas e analisadas, obteve-se os seguintes teores dos nutrientes na matéria seca.

4.6.2.1 Gergelim aos 80 dias após a emergência

Pelo fato de, aos 80 dias pós-emergência, a amostragem não ter contemplado repetições (parcelas), não foi possível comparar estatisticamente os tratamentos e, desta feita, foi realizada apenas a comparação usando o artifício de blocos para verificar o efeito da proteção entre as áreas com e sem quebra-vento.

Quanto à acumulação de nutrientes nas folhas, na área protegida a acumulação foi significativamente superior quanto a P e ao K, ao passo que para cápsulas em granação, a produção da área com quebra-vento se mostrou superior apenas quanto ao teor de fósforo (Tabela 28).

Tabela 28. Teores dos macronutrientes P e K acumulados na biomassa seca de folhas verdes e cápsulas em granação de gergelim aos 80 dias após a emergência no comparativo entre as duas áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento.

Áreas/Blocos	Folhas verdes		Cápsulas com grãos verdes	
	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)
Sem proteção quebra-vento	1,20 b*	6,97 b	1,94 b	8,70 a
Com proteção quebra-vento	1,62 a	8,82 a	2,40 a	8,52 a
CV(%)	18,59	16,59	8,12	7,15

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Mesmo considerando a época da avaliação (80 dias pós-emergência do gergelim) como um momento intermediário entre a produção e drenagem de fotoassimilados, principalmente pelo fato da espécie/variedade (*Sesamum indicum* var. Seda) não ter desenvolvimento determinado, de acordo com a Tabela 28, os nutrientes P e K demonstraram teores significativamente maiores nas folhas verdes provenientes da área/bloco protegida, que aqueles da área/bloco sem quebra-vento. Para as cápsulas com grãos colhidos na área protegida, a acumulação foi superior apenas para o P. Para o P em ambos os casos (folhas e cápsulas + grãos), além de uma maior contribuição da mineralização de folhas senescentes de amendoim forrageiro proveniente da área protegida – biomassa 12 % maior (PERIN et al., 2004; TEODORO et al., 2011), soma-se a constatação de que, sob desequilíbrio hídrico acentuado, as plantas tem seu metabolismo alterado (FREIRE et al., 2013).

4.6.2.2 Gergelim na colheita

Os resultados, das análises das raízes de gergelim coletadas no momento da colheita, são apresentados na Tabela 29. Em que pese à tendência de raízes crescendo sem proteção, apresenta-se o maior crescimento que as de áreas protegidas e as concentrações de K e Ca nas raízes sob proteção de quebra-vento foram, significativamente, maiores, indicando possível efeito de concentração de nutrientes para menor quantidade relativa de biomassa radicular.

Tabela 29. Teores de K e Ca acumulados na biomassa seca de raízes de gergelim por ocasião da colheita no comparativo entre as duas áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento.

Áreas/Blocos	Teor de K (g kg ⁻¹)	Teor de Ca (g kg ⁻¹)
Sem proteção quebra-vento	5,20 b	3,43 b
Com proteção quebra-vento	6,22 a	3,95 a
CV:	9,10%	5,63%

* As médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na área sem proteção, a acumulação de nutrientes pela parte aérea somente apresentou significância em relação ao P como efeito da interação dos fatores de fertilização e planta de cobertura. Teores de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio não apresentaram diferenças significativas para nenhum dos fatores.

Por sua vez, a área protegida por quebra-vento expressou interações significativas para os fatores forma de fertilização e planta de cobertura, para fósforo, cálcio e magnésio para a interação e não significativos para nitrogênio e potássio.

Tabela 30. Teores de P acumulados na biomassa seca de parte aérea de gergelim nas áreas/blocos sem e com proteção quebra-vento considerando o efeito da interação dos fatores forma de fertilização e planta de cobertura.

Teor de P na biomassa seca da parte aérea (g kg ⁻¹)				
Forma de fertilização	Área sem proteção quebra-vento		Área com proteção quebra-vento	
	Planta de Cobertura		Planta de Cobertura	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
PK s/Capina	0,06 A b*	0,15 A a	0,07 B b	0,18 A a
NPK s/ Capina	0,10 A a	0,12 A a	0,19 A a	0,23 A a
PK Capinado	0,14 A a	0,14 A a	0,09 B b	0,20 A a
Dejeto L. Suíno	0,11 A a	0,12 A a	0,16 A a	0,19 A a
CV(%)	46,68		37,35	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Interpretando os teores de P na biomassa seca da parte aérea do gergelim, tanto na área sem proteção quanto na área protegida, ficou evidente no efeito da interação dos fatores: fertilização e planta de cobertura, cuja acumulação de P foi significativamente superior para as parcelas do tratamento PK capinado na área protegida e PK com e sem capina para ambas as áreas (sem e com quebra-vento). Nesse caso, os números apontaram uma possível influência do amendoim forrageiro enquanto mobilizador de P para o solo e consequentemente para as plantas consortes (PERIN et al., 2004; TEODORO et al., 2011).

Na área/bloco com proteção de quebra-vento (Tabela 31) para Ca, a interação mostrou significância para a fertilização com P+K com capina, destacando a modalidade consorciada como aquela de maior acumulação do nutriente na parte aérea, contrastando com a menor acumulação na modalidade solteira.

Tabela 31. Teores de Ca e Mg acumulados na biomassa seca de parte aérea de gergelim na área/bloco com proteção quebra-vento considerando o efeito da interação dos fatores forma de fertilização e planta de cobertura.

Forma de fertilização	Teor de Ca na biomassa seca da parte aérea (g kg ⁻¹)		Teor de Mg na biomassa seca da parte aérea (g kg ⁻¹)	
	Planta de Cobertura		Planta de Cobertura	
	Ausência	Presença	Ausência	Presença
PK s/Capina	6,36 A a	6,84 A a	2,49 B a	2,41 B a
NPK s/ Capina	7,02 A a	6,46 A a	3,37 A a	3,25 A a
PK Capinado	5,37 A b	7,03 A a	2,02 B a	2,57 B a
Dejeto L. Suíno	6,87 A a	5,95 A a	2,94 A a	2,90 A a
CV(%)	14,09		14,33	

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Segundo Soares et al. (2006), o aporte de cálcio proporcionado pelo amendoim forrageiro é de aproximadamente 500 kg ha⁻¹ano⁻¹ (em cinco cortes), o que em folhas senescentes representaria algo próximo de 100 kg ha⁻¹ano⁻¹.

Ademais, há que se considerar a condição original do solo, de pH acima de 6,00, o que facilita sobremaneira a extração do nutriente pelas plantas de gergelim, independentemente do amendoim forrageiro. Mesmo o elemento não sendo considerado móvel na planta, ele é parte da estruturação de todos os tecidos vegetais.

Já para o comportamento do Mg na área com proteção quebra-vento, considerando a interação dos fatores fertilização com planta de cobertura (Tabela 31), há que se destacar os tratamentos de fertilização mais completos (resíduos de NPK e Dejeto) como aqueles que proporcionaram maior acumulação do magnésio nos tecidos, independentemente da presença da planta de cobertura (consórcio).

Essa tendência, certamente, se relaciona com a disponibilidade de N – nitrogênio, principalmente, nos processos de construção de clorofilas e atividade fotossintética, além daqueles que envolvem atividades enzimáticas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Na comparação entre as áreas/blocos na Tabela 32, houve maior acumulação de nitrogênio na parte aérea das plantas que se desenvolveram sem a proteção de quebra-ventos, provavelmente, pelo fato de não conseguirem drenar com eficiência, as substâncias nitrogenadas para os compartimentos reprodutivos, tendo em vista a acumulação de proteínas nos grãos.

Nuberg e Mylius (2002) constataram que, na cultura do trigo, a construção de proteínas é mais eficiente com a proteção de quebra-ventos. Quanto ao potássio, a maior concentração do nutriente na parte aérea das plantas protegidas, provavelmente se deva ao melhor “status hídrico” das plantas, que tem no potássio um forte aliado na economia hídrica do vegetal.

Tabela 32. Teores de N e K acumulados na biomassa seca da parte aérea de gergelim na comparação entre as duas áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento.

Áreas/Blocos	Teor de N (g kg ⁻¹)	Teor de K (g kg ⁻¹)
Sem proteção quebra-vento	5,25 a	6,05 b
Com proteção quebra-vento	4,71 b	7,45 a
CV:	6,54	10,08

*As médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Muito embora as cápsulas desempenhem um papel intermediário no fluxo de nutrientes direcionados às sementes, alguns desses nutrientes, os energéticos ou os estruturais participam da construção desses frutos.

Na Tabela 33, no comparativo entre áreas/blocos, os teores de P e K com proteção de quebra-vento expressam a influência do não estresse metabólico, proporcionado pela proteção através da melhor drenagem e acumulação dos nutrientes nas cápsulas. A melhor mobilização de K colabora na geração da condição de melhor conforto hídrico das plantas (PIMENTEL, 2004).

Tabela 33. Teores de P e K acumulados na biomassa seca de cápsulas de gergelim na comparação entre as áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento.

Áreas/Blocos	Teor de P (g kg ⁻¹)	Teor de K (g kg ⁻¹)
Sem proteção quebra-vento	0,54 b	12,38 b
Com proteção quebra-vento	0,76 a	14,38 a
CV (%):	11,51	2,88

*As médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

O resultado das análises dos teores de K acumulados nos grãos de gergelim na área/bloco sem proteção quebra-vento estão apresentados na Tabela 34, indicando interação significativa na acumulação de K que foi superior no tratamento que recebeu adubação com P e K com capina no sistema solteiro em contraponto ao sistema consorciado com amendoim forrageiro.

Tabela 34. Teores de K acumulados na biomassa de grãos de gergelim na área/bloco sem proteção quebra-vento considerando o efeito da interação dos fatores forma de fertilização e planta de cobertura.

Planta de cobertura	Forma de fertilização			
	Teor de K na biomassa seca de grãos (g kg ⁻¹)			
	PK s/Capina	NPK s/Capina	PK Capinado	Dejeto L. Suíno
Ausência	3,27 A a	3,42 A a	4,07 A a	3,35 A a
Presença	3,05 A a	3,60 A a	3,22 A b	3,92 A a
CV(%):			14,19	

* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F e Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente.

Quanto à acumulação de nutrientes no ambiente protegido por quebra-vento não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para todos os nutrientes analisados.

No entanto, a exemplo da acumulação nos frutos (cápsulas), houve significância na comparação entre as áreas/blocos em favor do ambiente protegido por quebra-vento para o aporte de P e K para o interior dos grãos (Tabela 35).

Nesse prisma, essa constatação veio a confirmar a melhor condição ambiental de proteção proporcionada pelo quebra-vento às plantas e à consequente translocação de nutrientes por ocasião do enchimento dos grãos.

Tabela 35. Teores de P e K acumulados na biomassa seca de grãos de gergelim nas duas áreas/blocos, com e sem proteção de quebra-vento.

Áreas/Blocos	Teor de P- fósforo (g kg ⁻¹)	Teor de K- potássio (g kg ⁻¹)
Sem proteção	4,3 b	3,4 b
Com proteção	5,4 a	3,9 a
CV(%):	5,40	7,36

* Os dados seguidos das mesmas letras minúsculas e números na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade .

De todo modo, de acordo com os dados, verifica-se que a proteção na cultura do gergelim favorece a produção de acumulação de P e K na biomassa de grãos e cápsulas, e que a maior produção de biomassa do amendoim forrageiro em ambiente protegido (12% superior à área desprotegida) melhora o aporte de P para os grãos.

4.7 Análises fisiológicas no Gergelim (aos 80 dias pós-emergência)

4.7.1 Clorofilas A, B e totais

Segundo Nayyar e Gupta (2006), sob condições de estresse hídrico, além da redução do potencial de água nas plantas, sucede-se uma redução no teor de clorofila e essas manifestações diferem entre as plantas C3 e C4. Segundo os autores, a habilidade para conter os efeitos do estresse estaria na capacidade de mobilizar foto-oxidantes (ácido ascórbico, por exemplo).

Na área sem a presença de quebra-vento na comparação entre as médias dos conteúdos tanto de clorofilas A, B e totais entre os quatro tratamentos estudados (3 e 4 e 5 e 6), resultantes da combinação dos dois fatores, formas de fertilização (2) e plantas de cobertura do solo (2) não apresentaram significância pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Na área protegida por sua vez as interações significativas dos fatores formas de fertilização e plantas de cobertura, se manifestaram para as três variáveis: clorofila A, clorofila B e clorofilas totais como indicam as Tabelas 36, 37 e 38, respectivamente.

4.7.1.1 Clorofila A

As concentrações de clorofila A, mais abundante no fotossistema II onde predomina a absorção na faixa do P-680, indicam para a área protegida por quebra-vento o efeito interativo entre fertilização e planta de cobertura (Tabela 36), sugerindo que no consórcio, a produção de clorofila A é prejudicada quando a oferta de N é suprimida.

Tabela 36. Concentrações de clorofila A nas folhas de gergelim em área/bloco com proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e planta de cobertura.

Planta de cobertura	Forma de fertilização	
	Concentração de clorofila A nas folhas (mg m ⁻²)	
	NPK s/Capina	PK Capinado
Ausência	342 A a	350 A a
Presença	341 A a	306 A b
CV(%)		7,69

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

4.7.1.2 Clorofila B

À semelhança do comportamento das plantas nos diversos tratamentos da interação para a clorofila A na área protegida, as concentrações de clorofila B (Tabela 37) mais abundante no complexo coletor de radiação P-700 relacionado mais diretamente ao fotossistema I do processo fotossintético, também foi significativamente influenciado pela consorciação, e de forma mais explícita, no tratamento desguarnecido de N, nutriente básico na construção da estrutura do pigmento (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2009). Ainda que a leguminosa do consórcio seja uma espécie potencialmente fixadora de N, mesmo após 7 (sete) meses do pleno estabelecimento, expressou avidez na competição pelo nutriente com as plantas do gergelim, influenciando no processo de produção de clorofila, notadamente nos tratamentos desprovidos do efeito residual de adubação nitrogenada.

Tabela 37. Concentrações de clorofila B nas folhas de gergelim em área/bloco com proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e planta de cobertura.

Planta de cobertura	Forma de fertilização	
	Concentração de clorofila B nas folhas (mg m ⁻²)	
	NPK s/Capina	PK Capinado
Ausência	118 A a	124 A a
Presença	111 A a	85 A b
CV(%)	18,54	

* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

4.7.1.3 Clorofilas totais

Por consequência as clorofilas totais (Tabela 38), enquanto resultantes do somatório das componentes A e B, apresentaram um efeito acumulado da diferença entre os valores. Proveniente da mesma causa, a queda dos níveis de ambos os pigmentos, sofreu a influência de déficit nutricional em N indispensável nas moléculas clorofiladas.

Ademais, pelos dados apresentados, ainda que a leguminosa seja uma fixadora biológica de N e em níveis consideráveis, infere-se que durante o ciclo do gergelim, quando predominou o tempo seco, o amendoim forrageiro por certo não foi suficientemente capaz de gerar excedentes nitrogenados de forma a garantir as necessidades das plantas de gergelim. Admitindo-se que as populações de rizóbios, em convivência com os fungos micorrízicos presentes na rizosfera das plantas do amendoim forrageiro, de acordo com a constatação de Franzin et al. (2010), no ambiente seco, esses grupos de organismos tenham gerado uma convivência rizosférica conflituosa, e o excedente nitrogenado tenha sofrido maior redução que o fosfatado (Tabelas 28, 30 e 32).

Tabela 38. Concentrações de clorofilas totais nas folhas de gergelim em área/bloco com proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e planta de cobertura.

Planta de cobertura	Forma de fertilização	
	Concentração de clorofilas totais nas folhas (mg m ⁻²)	
	NPK s/Capina	PK Capinado
Ausência	460 A a	474 A a
Presença	453 A a	391 A b
CV(%)	9,96	

* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

4.7.2 Atividade fotossintética – Taxa de assimilação de CO₂ (A)

A taxa de assimilação de CO₂ (A) para os tratamentos com e sem proteção de quebra-vento não apresentaram diferenças significativas tanto para o efeito das formas de fertilização quanto à influência do fator planta de cobertura, tampouco, da interação entre eles.

No que tange ao comparativo entre as áreas/blocos com e sem quebra-vento, a variável também não apresentou diferença estatística.

4.7.3 Condutância estomática (gs)

A variável condutância estomática (gs) apresentou diferença expressiva entre os tratamentos presentes na área/bloco sem a proteção de quebra-vento, pelo efeito da interação entre os fatores formas de fertilização e o consórcio com a leguminosa perene de cobertura, indicando maior avidez ou predisposição de plantas consorciadas e sob condição de estresse hídrico à realização de trocas gasosas via abertura estomática favorecida pelo estreitamento da camada limítrofe, produzido pela maior exposição ao vento da área sem proteção (GOLBERG, 2010). Tal constatação da diferença de condutância estomática, entre sistema consorciado e solteiro, ficou mais evidente no tratamento envolvendo forma de fertilização mais incompleta (PK capinado).

Em relação à área protegida por quebra-vento, muito embora tenha apresentado valores numéricos maiores que aqueles conseguidos na área sem quebra-vento, a comparação das médias dos tratamentos e interações dos fatores não apresentou significância estatística no nível de probabilidade testado. No comparativo entre áreas/blocos também não houve diferença estatística entre as áreas para os fatores avaliados.

Tabela 39. Valores da condutância estomática (gs) nas folhas de gergelim em área/bloco sem proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e plantas de cobertura.

Planta de cobertura	Forma de fertilização	
	Condutância estomática - gs - nas folhas (mol m ⁻² s ⁻¹)	
	NPK s/Capina	PK Capinado
Ausência	0,198 A a	0,170 A b
Presença	0,222 A a	0,228 A a
CV(%)		17,56

* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

4.7.4 Transpiração (E)

As Tabelas 40 e 41 apresentam as taxas de transpiração para as duas áreas/blocos sem e com proteção quebra-vento.

Na área sem proteção, a interação dos fatores mostrou diferença estatística em relação à influência do consórcio com planta de cobertura, que apresentou maior valor médio da taxa de transpiração no tratamento com fertilização mais incompleto e sob a competição com a planta de cobertura do amendoim forrageiro em comparação com o sistema solteiro.

Quanto à nutrição residual incompleta do tratamento PK no sistema capinado e consorciado, confrontando com os valores de biomassa acumulada aos 80 dias, ocasião da avaliação e confirmados na colheita (Tabela 15), pode-se deduzir que o número e tamanho das folhas ficaram reduzidos, devido à escassez de recursos. Embora, mantendo o mesmo número de estômatos, agora de menor dimensão, por folha, esses estômatos, desta feita, comprimidos numa área menor quando pinçados para a leitura pelo IRGA (área fixa) em horário favorável à abertura estomática, revelou-se uma taxa transpiratória, relativamente, maior que os demais tratamentos. A isso se junta também uma tendência a um maior crescimento relativo de raízes (CHAVES et al., 2002; PIMENTEL, 2004).

Tabela 40. Valores de transpiração nas folhas de gergelim em área/bloco sem proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e planta de cobertura.

Planta de cobertura	Forma de fertilização	
	Transpiração nas folhas (mol m ⁻² s ⁻¹)	
	NPK s/Capina	PK Capinado
Ausência	2,629 A a	2,432 A b
Presença	2,890 A a	2,927 A a
CV(%)		9,81

* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tendência, diametralmente, oposta foi manifestada na área com proteção do quebra-vento, onde, como resultado da interação dos fatores fertilização e planta de cobertura, a taxa transpiratória mais intensa foi expressa pelo tratamento de melhor fertilização (resíduo de NPK sem capina) no consórcio com o amendoim forrageiro.

Quanto à transpiração como uma variável capaz de colaborar na caracterização da condição de estresse das plantas - só perde quem tem - e cujo consórcio compete com a água do sistema, com base nessa constatação da Tabela 41, verifica-se a importância da proteção proporcionada pela barreira quebra-vento na preservação da atividade metabólica normal, inclusive, ignorando o efeito da competição das plantas de cobertura pela água. A constatação coincide com a afirmação de Schulze (1991), de que as plantas bem nutridas mantêm os estômatos abertos, ainda que, sob disponibilidade de água menor que plantas mal supridas.

Tabela 41. Valores de transpiração nas folhas de gergelim em área/bloco com proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação de formas de fertilização e planta de cobertura.

Planta de cobertura	Forma de fertilização	
	Transpiração nas folhas (mol m ⁻² s ⁻¹)	
	NPK s/Capina	PK Capinado
Ausência	3,216 A a	3,397 A a
Presença	4,352 A a	2,984 B a
CV(%)	23,00	

* Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na comparação das médias de transpiração das áreas/blocos sem e com quebra-vento, embora não apresentando significância estatística para os fatores analisados (as formas de fertilização e a presença/ausência de consórcio), apontaram taxas transpiratórias (E) da ordem de 2,71 contra 3,48 mol H₂O m⁻² s⁻¹, respectivamente, para a área sem e com quebra-vento, o que pode indicar uma tendência dos quebra-ventos que interfere em favor do aumento da transpiração.

A constatação da economia hídrica na evapotranspiração proporcionada pelos quebra-ventos foi constatada por Helfer et al. (2009), que através de modelagens estabeleceram relação entre redução nos níveis de evapotranspiração anual (1,1 a 5,6%) e altura da barreira dos quebra-ventos (20 a 40 m), para as situações de suprimento normal e déficit hídrico. Campi et al. (2008), em estudo semelhante, porém, a nível de campo, sob condição climática mediterrânea, obtiveram para uma barreira quebra-vento de 8,0 m, um suprimento de água 36% maior que da área desprotegida, representando uma redução da evapotranspiração da ordem de 115 mm na cultura do trigo e 95mm no caso do feijão.

4.7.5 Relação Carbono interno (Ci) e Carbono externo (Ca) – Ci/Ca

As relações entre as concentrações de Carbono interno e Carbono externo aos estômatos para a área/bloco sem proteção de quebra-vento não apresentou diferença significativa para variáveis em questão, o mesmo acontecendo no comparativo entre as

duas áreas/blocos entre si. Contudo, para a área protegida por quebra-vento, houve interação entre os fatores formas de fertilização e a ocorrência do consórcio com planta de cobertura.

Tabela 42. Valores da relação Carbono interno/Carbono externo (Ci/Ca) à câmara subestomática nas folhas de gergelim em área/bloco com proteção de quebra-vento considerando o efeito da interação dos fatores formas de fertilização e planta de cobertura.

Planta de cobertura	Forma de fertilização	
	Relação Ci/Ca	PK Capinado
	NPK s/Capina	
Ausência	0,660 A b	0,665 A a
Presença	0,784 A a	0,673 A a
CV(%)		10,22

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Em consonância com os demais parâmetros, a relação que indica a capacidade de capturar Carbono através da cavidade estomática para a realização da fotossíntese, diretamente relacionado com a liberação de CO₂ pela respiração, o ponto de compensação de CO₂ foi notável. Mesmo no consórcio, a combinação da proteção com quebra-vento, nos tratamentos com maior resíduo de fertilização, associado à palhadas e cobertura do solo, facilitaram o processo, melhorando a relação correspondente à difusão de CO₂ para o interior das folhas, tendo em vista o favorecimento da assimilação de CO₂ (LAWLOR; CORNIC, 2002; PIMENTEL, 2004).

Lawlor et al., (2002), no entanto, asseveraram que sob déficit hídrico acentuado e com o potencial hídrico foliar diminuído, poderia ocorrer elevação do Ci (Carbono interno), o que não foi o caso da área protegida, dado que o potencial hídrico não fora drasticamente reduzido.

4.7.6 Atividade do fotossistema II (Fv/Fm)

Muito embora tenha ocorrido significância nos valores das interações das variáveis clorofilas a e b e totais somente para a área/bloco com proteção quebra-vento e no comparativo de ambas as áreas, não tenha havido significância, estas indicações não refletiram nas considerações sobre as análises de fluorescências. Dentre os valores de fv (fluorescência variável) e fm (fluorescência máxima), a determinação de Fo (fluorescência basal – escuro) é fundamental, uma vez que é ela a principal referência de fluorescência alterável por estresse do ambiente, que causam mudanças funcionais nos pigmentos do PS II – fotossistema II. Fluorescência máxima (fm), aquela obtida por um pulso máximo de luz actínica de elevada intensidade atingindo um nível máximo de fluorescência. Da diferença entre fm e fo, obtém-se o valor de fm. Pelos dados obtidos, os valores de fv/fm para as condições de maior “conforto vegetal,” (quebra-vento e adubação residual de NPK) se apresentaram acima de 80%, no entanto devido à variação dos dados analisados não lograram indicar diferença significativa para nenhuma das áreas, e tampouco entre elas.

4.7.7 Eficiência no uso da água (EUA)

Também nesse quesito, produto das relações hídricas nas plantas, os maiores valores quanto ao uso de água, recaíram sobre os tratamentos sob proteção quebra-vento, coincidindo com a condição de gergelim solteiro instalado sobre o produto residual de adubação mais completa do milho (NPK).

Segundo Pimentel (2004), para as plantas C3 e C4, as relações de eficiência no uso da água variam entre 1 a 3 e 2 a 5g de CO₂ fixado por Kg de H₂O transpirado, respectivamente. Embora o gergelim (*Sesamum indicum*) seja uma planta C3, a eficiência no uso da água situa-se mais próximo do rendimento das C4, razão pela qual a espécie tem sido secularmente cultivada em regiões e épocas de baixa disponibilidade hídrica.

Tabela 43. Valores da eficiência no uso da água – EUA – medida nas folhas de gergelim em área/bloco com proteção de quebra-vento, considerando o efeito da interação dos fatores formas de fertilização e planta de cobertura (consórcio).

Planta de cobertura	Forma de fertilização	
	Eficiência no uso da água – EUA – (g MS kg ⁻¹ H ₂ O)	
	NPK s/Capina	PK Capinado
Ausência	5,480 A a	5,369 A a
Presença	3,713 A b	4,863 A a
CV(%)		18,31

*Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Quanto aos resultados de eficiência no uso da água da área protegida por quebra-vento, a interação dos fatores fertilização e planta de cobertura indicaram que a competição pela água disponível no solo, gerando menor incorporação de CO₂ (matéria seca) para cada quilograma de água pelo gergelim nas parcelas do consórcio, quando comparada com a média do tratamento solteiro com resíduo de adubação completa (NPK sem capina – tratamento 3 original), significativamente superior.

Nesse contexto, Agam et al. (2012) alertam que a presença de quebra-vento diminui as perdas d'água por transpiração diurna e noturna, melhorando sobremaneira a eficiência no uso da água pelas plantas.

Paradoxalmente, os melhores resultados quanto à eficiência no uso da água ocorreram na área/bloco sem proteção e as médias sem diferenças significativas entre si, giraram em torno de 5,5 a 6,5g de CO₂ por Kg de água evaporada.

Larcher (2006), no entanto, indica que os maiores valores de eficiência de uso de água são atingidos quando os valores de condutância estomática decrescem a 0,05 mol H₂O m⁻² s⁻¹ limitando muito mais a transpiração do que a fotossíntese.

4.7.8 Potencial hídrico ou potencial de água na planta (ψ_w)

Na variável potencial de água (ψ_w), a média de todos os tratamentos da área/bloco sob proteção foram, taxativamente, superiores àqueles da área sem quebra-vento, no que se refere à turgidez dos tecidos foliares. Enquanto o potencial hídrico (ψ_w)

na área sob proteção, permaneceu em torno de $-1,45$ MPa ou Kgf cm^{-2} , o potencial hídrico (ψ_w) na área sem proteção, girou em torno de $-2,22$ MPa ou Kgf cm^{-2} , o que para muitas culturas já representa um valor crítico. Nesse caso, os melhores tratamentos também envolveram o resíduo de adubação completa (NPK) aplicada na cultura anterior (milho), consorciado ou não, inclusive na área sem quebra-vento, cuja significância estatística foi demonstrada apenas, devido ao efeito do fator fertilização.

Tabela 44. Valores de potencial hídrico – ψ_w - nas folhas de gergelim aos 80 dias na área/bloco sem proteção de quebra-vento comparando as formas de fertilização.

Fertilização	Potencial hídrico - ψ_w - (MPa)
NPK s/capina	-2,000 a
PK capinado	-2,362 b
CV(%):	11,99

*As médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para a área protegida mesmo, não houve significância estatística na comparação dos efeitos dos fatores plantas de cobertura (consórcio) e formas de fertilização, tampouco, na interação desses. De todo modo, observou-se que as plantas melhor nutridas tiveram maior capacidade de preservação de água no tecido foliar, a exemplo da área desprotegida.

Tabela 45. Valores de potencial hídrico – ψ_w - nas folhas de gergelim aos 80 dias no comparativo entre áreas/blocos com e sem proteção de quebra-vento.

Áreas/Blocos	Potencial hídrico - ψ_w - (MPa)
Sem proteção de quebra-vento	-2,225 a
Com proteção de quebra-vento	-1,450 b
CV(%):	15,83

*As médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Sob a condição de escassez de umidade no solo, as plantas sem a proteção de quebra-vento tendem a se tornar mais econômicas, abrindo os estômatos apenas em situações que possam gerar menor perda de água.

Segundo Taiz e Zeiger (2009), essa reação das plantas ao estresse hídrico se deve à elevação nas concentrações e biossíntese de ABA - ácido abcísico, eficaz no fechamento estomático e cujo acúmulo nas folhas estressadas exerce um importante papel na redução da perda hídrica pela transpiração.

Nessas condições de estresse hídrico, influenciados pelo ABA, tende a ocorrer também elevação na relação de crescimento raiz/caule com expansão das raízes e contenção da expansão de caules pela ação do ácido (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Há que se frisar que na área com proteção de quebra-vento, na comparação das médias dentro do fator plantas de cobertura (consórcio), o potencial hídrico das folhas para as duas condições (com ou sem plantas de cobertura) não apresentou diferença estatística e ambas se situaram entre $-1,3$ e $-1,6$ MPa.

Baseado nos resultados obtidos, mas, principalmente, no comportamento fisiológico das plantas de gergelim com a proteção de quebra-vento e, apoiando-se em indicadores como potencial hídrico e outras referências coincidentes, nos leva a acreditar no efeito promissor da combinação quebra-vento + nutrição equilibrada das

plantas de gergelim. Admite-se a possibilidade dessa combinação poder constituir-se uma alternativa para a preservação de água acessível às plantas, enquanto meio de garantir relativo “conforto vegetal”. Interpreta-se que ajustes deverão ser envidados como forma de otimizar o uso dos recursos.

Os resultados apontam para a possibilidade de se manter por mais tempo a umidade nos solos, principalmente, naqueles ecossistemas sensíveis aos déficits hídricos estacionais.

Admite-se que na condição de proteção com quebra-vento, as plantas de gergelim tenham mantido estômatos abertos por mais tempo, com menor perda de água pelo vento, e com isso, fotossintetizado é produzido mais que a área sem proteção. Assim, deve-se ressaltar que na análise comparativa de médias de umidade do solo entre as duas áreas/blocos, não tenha acusado significância estatística na profundidade de 0,20 m, os dados fazem acreditar que a interação dos dois fatores de comparação (proteção e boa nutrição), pode viabilizar a sucessão milho x gergelim consorciados com amendoim forrageiro e boa fertilização no milho com residual de fertilização para o gergelim.

A possibilidade de haver maior preservação de umidade na área protegida por quebra-vento a profundidades maiores que 0,20 m poderia ajudar a explicar os resultados, no entanto, o contraponto do maior crescimento radicular das plantas desprotegidas, bem como, a relação raiz/parte aérea conspiram no sentido contrário.

Se for adaptado um sistema de manejo da folhagem do amendoim forrageiro como forma de dinamizar a reciclagem de N nas áreas de consórcio, provavelmente, será atingido um aporte mais favorável do nutriente para as culturas. A continuidade da sucessão ou dentro de um sistema de rotação de culturas poderá, provavelmente, reequilibrar o sistema, contribuindo para um resultado de produção, como do gergelim, que demonstre a viabilidade do consórcio, como no caso do milho, onde o tratamento do consórcio fertilizado com dejetos de suínos e sob a proteção de quebra-vento superou os demais.

5 CONCLUSÃO

Na sucessão da cultura de milho no período das águas e com a cultura do gergelim no período seco (safrinha) consorciado ou não com cobertura viva de amendoim forrageiro com proteção ou não de quebra-vento vegetal, podemos concluir que:

- 1) O amendoim forrageiro em consórcio compete com a cultura do milho no período úmido e com a cultura do gergelim no período seco;
- 2) A fertilização com dejetos de suínos na dose testada eliminou o efeito da competição do amendoim forrageiro com a cultura do milho no período úmido e os resíduos dessa fertilização atenuaram esse efeito no gergelim no período seco;
- 3) O uso de quebra-vento vegetal na forma testada (em torno de 40% de porosidade óptica), na cultura do gergelim, atenuou o efeito da escassez de umidade no período seco, proporcionando uma melhor condição de convivência com o estresse hídrico (conforto vegetal);
- 4) As médias de produtividades da cultura do gergelim (biomassa seca de parte aérea e biomassa de grãos) com proteção de quebra-vento superaram aquelas provenientes da área desprotegida;
- 5) A maior disponibilização de P, através do consórcio com amendoim forrageiro, para as plantas de gergelim no período seco, foi favorecida pela proteção do quebra-vento vegetal;
- 6) O principal indicador, utilizado para determinar a melhor condição de convivência das plantas de gergelim com o estresse hídrico (conforto vegetal) foi o potencial hídrico das folhas (ψ_w).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAM, N.; EVETT, S. R.; TOLK, J. A.; KUSTAS, W. P.; COLAIZZI, P. D.; ALFIERI, J. G.; MCKEE, L. G.; COPELAND, K. S.; HOWELL, T. A.; CHÁVEZ, J. L. Evaporative loss from irrigated interrows in a highly advective semi-arid agricultural area. **Advances in Water Resources**, n. 50, p. 20–30, 2012.

ALTIERI, M. A.; MASERA, O. Desenvolvimento rural sustentável na América Latina: construindo de baixo para cima. In: ALMEIDA, A.; NAVARRO, Z. (org.) **Reconstruindo a agricultura**: idéias e ideais na perspectiva do Desenvolvimento Rural Sustentável. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1998, p. 72-105.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Editora Agropecuária, Guaíba. 2002.

AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p. 47-54, 2000.

AMADO, T. J. C; MIELNICZUCK, J.; FERNANDES, S. B. V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 679-686, 1999.

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

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, p. 393-395, 1993.

ARAÚJO, E. S.; GUERRA, J. G. M. ESPINDOLA J. A. A.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; MARTELLETO, L. A. P.; ALVES, B. J. R. Recuperação no sistema solo-plantas de nitrogênio derivado da adubação verde aplicada à cultura do repolho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n.7, p.729-735, jul. 2011.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; FLECK, N. G.; BORTOLINI, C. G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p.851-860, 2001.

ARGETE, J. C.; WILSON, J. D. The microclimate in the centre of small square sheltered plots. **Agricultural and forest meteorology**, v. 48, n. 1, p. 185-199, 1989.

BAGGIO, A. J. Sistema agroflorestal grevílea x café: início de nova era na agricultura paranaense? **Circular técnica EMBRAPA/URPFCS**. Curitiba, 9: 1-15, 1983.

BALDWIN, C.S. The influence of field windbreaks on vegetable and specialty crops. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 22/23, p. 191-203, 1988.

BALL, M. C., COWAN, I. R; FARQUHAR, G. D. Maintenance of leaf temperature and the optimisation of carbon gain in relation to water loss in a tropical mangrove forest. **Australian Journal Plant Physiology** 15, 263-276, 1988.

BARILLI, J. **Atributos de um Latossolo Vermelho sob aplicação de resíduos de suínos**. 2005. 77 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

BATISTA, E.V. e MATTOS JUNIOR, J.S. A importância da produção de grãos para a atual estrutura produtiva agrícola do Município de Rio Verde - GO. **Revista Formação**, n. 14 v. 2 – p. 35-47, 2007.

BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; MARACAJÁ, P. B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.5, (Número Especial) p. 67 - 73 outubro /dezembro de 2010.

BENNELL, M. R.; CLEUGH, H. A.; LEYS, J. F. The effect of hot dry wind on the pod set of faba bean (*Vicia faba*) cv. Fiord: a preliminary windtunnel study. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, n. 47, v. 12, p. 1468-1475, 2007.

BHATTI, I. H.; AHMAD, R.; JABBAR, A; NADEEM, M.; KHAN, M. M.; DIN, W. U. D.; VAINS, S. N. Agronomic performance of mash bean as an intercrop in sesame under different planting patterns. **Emirates Journal of Agricultural Sciences**, v. 25, n. 1, p. 52-57, 2013.

BITOG, J. P.; LEE, I. B.; WANG, H. S.; SHIN, M. H.; HONG, S. W.; SEO, I. H.; MOSTAFA, E.; PANGA, Z. A wind tunnel study on aerodynamic porosity and windbreak drag. **Forest Science and Technology**, vol. 7, n. 1, march 2011, 8–16.

BODDEY, R.M.; RESENDE, C.P.; PEREIRA, J.M.; CANTARUTTI, R.B.; ALVES, B.J.R.; FERREIRA, E.; RICHTER, M.; CADISCH, G.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycle in pure grass and grass / legume pastures-evaluation of pasture sustainability, p. 307-319. In: **IAEA/FAO. Nuclear Techniques in Soil-Plant Studies for Sustainable Agriculture and Environmental Preservation.** Vienna, Austria. 1995.

BOEF, W. S. Biodiversidade e Agrobiodiversidade. In: BOEF, W. S.; THIJSEN, M. H.; OGLIARI, J. B.; STHAPIT, B. R. **Biodiversidade e Agricultores – fortalecendo o manejo comunitário.** Porto Alegre, RS: L&PM, p. 36-40, 2007.

BORKERT, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A.; PEREIRA, J. E.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, jan. 2003.

BRANDLE, J. R.; HODGES, L.; ZHOU, X. H. Windbreaks in North American Agricultural Systems. **Agronomy & Horticulture** - University of Nebraska – Lincoln Faculty Publications Agronomy and Horticulture Department. Paper 389, 2004.

BUNCE, J. A. Effect of boundary layer conductance on the response of stomata to humidity. **Plant Cell Environment**, 8, 55-57.1985.

BURRIS, R. H. Nitrogenases. **Journal Biological Chemistry**. v. 266. p. 9339-9342, 1991.

CADISH, G.; SCHUNKE, R.M.; GILLER, K.E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands**, 28:43-52. 1994.

CAI, H.; MINSHENG, Y.; CUI, L. Effects of intercropping systems on community composition and diversity of predatory arthropods in vegetable fields. **Acta Ecologica Sinica**, n. 30, p. 190–195, 2010.

CAMARGO, K. C. M. Agroindústria e migração: o caso de Lucas do Rio Verde – MT. **Anais da I SEMANACS - I F C H- UNICAMP**, Out. p. 49-59, 2012.

CAMPI, P.; PALUMBO, A. D.; MASTRORILLI, M. The evapotranspiration of crop protected by windbreak. In: Santini A. (ed.), Lamaddalena N. (ed.), Severino G. (ed.), Palladino M. (ed.). **Irrigation in Mediterranean agriculture: challenges and innovation for the next decades.** Bari: CIHEAM, 2008. p. 135-141

CAMPI, P.; PALUMBO, A.D.; MASTRORILLI, M. Evapotranspiration estimation of crops protected by windbreak in a Mediterranean region. **Agricultural Water Management**, v. 104, p. 153–162, 2012.

CANELLAS, L. P.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, V. M. Análise de fósforo no solo sob cobertura leguminosa perene herbácea por espectroscopia magnética nuclear. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.6 Brasília jun. 2004.

CANTARUTTI, R. B. **Dinâmica de nitrogênio em pastagens de *Brachiaria humidicola* em monocultivo e consorciada com *Desmodium ovalifolium* Cv. Itabela no sul da Bahia**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 83p. 1996.

CARDOSO, I. M.; KUYPER, T. W. Mycorrhizas and tropical soil fertility. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 116, pp. 72–84, 2006.

CARNEIRO, M. A. C.; CORDEIRO, M. A. S.; ASSIS, P. C. R.; MORAES, E. S.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. de. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p.455-462, 2008.

CARR, M. K. V. Some effects of shelter on the yield and water use of tea. **Progress in Biometeorology**, 2, 127-144. 1985.

CARVALHO, A. M. de; SODRÉ FILHO, J. **Uso de adubos verdes como cobertura do solo**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2000. 20p. (Boletim de Pesquisa, 11).

CARVALHO, L. B. et al. Interferência e estudo fitossociológico da comunidade infestante em beterraba de semeadura direta. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 291-299, 2008.

CESAR, M. N. Z.; RIBEIRO, R. L. D.; PAULA, P. D.; POLIDORO, J. C.; MANERA, T. C.; GUERRA, J. G. M. Desempenho do pimentão em cultivo orgânico, submetido ao desbaste e consórcio. **Horticultura Brasileira**, n. 25, p. 322-326, 2007.

CASSOL, P. C.; COSTA, A. C. da; CIPRANDI, O.; PANDOLFO, C. M.; ERNANI, P. R. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em Latossolo fertilizado com dejeto suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1911-1923, 2012.

CHALK, P. M.; SOUZA, R. F.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. The role of arbuscular mycorrhiza in legume symbiotic performance. **Soil Biology & Biochemistry** n. 38, pp. 2944–2951, 2006.

CHANDANIE, W. A.; KUBOTA, M.; HYAKUMACHI, M. Interactions between plant growth promoting fungi and arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and induction of systemic resistance to anthracnose disease in cucumber. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 286, p. 209–217, 2006.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, v. 22, p.53-60, 2001.

CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M. L.; RICARDO, C. P. P.; OSÓRIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the Field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botanics**, n. 89, 2002. p. 907-916.

CLEUGH, H. A. Effects of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. **Agroforestry Systems** 41: 55-84. 1998.

CORDEIRO, M. A. S. Atributos microbiológicos do solo sob rotação e sequências de culturas em semeadura direta. **Tese de Doutorado** - Unesp, Jaboticabal: 2011, 119 f.

COSTA, M. B. B. da (Coord.). **Adubação verde no Sul do Brasil**. Rio de Janeiro: ASPTA, 1993. 346p.

COSTA, F. de S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.1, p.323-332, 2008.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.2, p.161-168, fev. 2005.

DELGADO, Guilherme da Costa. A questão agrária no Brasil, 1950 – 2003. In: **Questão agrária no Brasil: perspectiva histórica e configuração atual**. São Paulo: INCRA, p. 21-85, 2005.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D. P.; KÖGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilisation in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil and Tillage Research**, v.81, p.87-95, 2005.

DIXON. M.; GRACE, J. The Effect of wind on the transpiration of young trees. **Annals of Botany** 53.81 1-819. 1984.

DIXON, R; KAHN, D. Genetic regulation of biological nitrogen fixation. **Nature Reviews**. v. 2, p. 621-631, 2004.

DUDA, G. P.; GUERRA, J. G. M.; MONTEIRO, M. T.; DE-POLLI, H. ; TEIXEIRA, M. G. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, v. 60, pp. 139-147, 2003.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A.M. e ASSIS, R.L. **Agroecologia: princípios técnicos para uma agricultura orgânica sustentável** – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

_____. **Estratégias para a utilização de leguminosas para a adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004.

_____. Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável. Seropédica: Embrapa – CNPAB, 1997. 20 p. (**Embrapa – CNPAB. Documentos, 42**).

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R.; SOUZA, F. A. A influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção de batata doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, pp. 339-347, 1998.

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

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA D. L.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Evaluation of perennial herbaceous legumes with different phosphorus sources and levels in a Brazilian Ultisol. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 20 n. 01. p. 56-62, 2005a.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE- POLLI, H.; ALMEIDA, D. L.; ABOUD, A. C. S. **Adubação verde com leguminosas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005b.

FARQUHAR, G. D. Feed forward responses of stomata to humidity. **Australian Journal of Plant Physiology** 5, 787-800. 1978.

FAVERO, C. F.; JUCKSCH, I.; COSTA, L. M.; ALVARENGA, R. C.; NEVES, J. C. L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 24, p.171-177, 2000.

FERREIRA, A.G. e AQUILA, E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. v. 12, p. 175-204, 2000.

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

FILSER, J. The effect of green manure on the distribution of collembolan in a permanent row crop. **Biology and fertility of soils**, v. 19, n. 4, pp.303-308, 1995.

FOLLI-PEREIRA, M. S.; MEIRA-HADDAD, L. S(2), BAZZOLLI, D. M. S.; KASUYA, M. C. M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.36:pp.1663-1679, 2012.

FRANZINI V. I.; AZCÓN, R.; MENDES, F. L.; AROCA, R. Interactions between *Glomus* species and *Rhizobium* strains affect the nutritional physiology of drought-stressed legume hosts. **Journal of Plant Physiology**, n. 167, pp. 614–619, 2010.

FREIRE, L. R.; BALIEIRO, F. C.; ZONTA, E.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G.; LIMA, E.; GUERRA, J. G. M.; FERREIRA, M. B. C.; LEAL, M. A. A.; CAMPOS, D. V. B.; POLIDORO, J. C. (Ed. técnicos) **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. 430 p.

FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.425-434, 2002.

GASPARIM, E; RICIERI, R.P.; SILVA, S. L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 27, no. 1, p. 107-115, Jan./March, 2005

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: Processos Ecológicos em agricultura sustentável. 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

GOLBERG, A. D. El viento y la vida de las plantas. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**: UNCuyo, Tomo 42, n. 1. p. 221-243, 2010.

GONÇALES, Claudecir. A cooperativa mista dos produtores rurais do sudoeste Goiano LTDA (COMIGO) e o desenvolvimento da região de Rio Verde – GO. In: PEREIRA, S. L. **O agronegócio nas terras de Goiás**. Uberlândia: UDUFO, p. 213–250, 2003.

GRACE, J., MALCOLM, D. C.; BRADBURY, I. The effect of wind and humidity on leaf diffusive resistance in Sitka spruce seedlings. **Journal of Applied Ecology**, 12. 931-940. 1975.

GRAVINA, G. A. **Densidade de propágulos infectivos e capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em solo sob leguminosas herbáceas perenes**. 1998. 104 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1998.

GUERFEL, M.; BACOURI, O.; BOUJNAH, D.; CHAIBI, W.; ZARROUK, M. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. **Scientia Horticulturae**, n. 119, p. 257–263, 2009.

GUERRA, J. G. M.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; PERIN, A; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L.; ASSIS, R. L. **Desempenho de leguminosas perenes tropicais como plantas de cobertura de solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, (Boletim de Pesquisa e desenvolvimento) 2007.

GUERRA, J. G.; TEIXEIRA, M. G. **Avaliação inicial de algumas leguminosas herbáceas perenes para utilização como cobertura viva permanente de solo**. Seropédica: Embrapa - CNPAB, 1997. (Comunicado Técnico, 16).

GUSTAFSON, D. J.; GIBSON, D. J.; NICKRENT, D. L. Competitive relationships of *Andropogon gerardii* (Big Bluestem) from remnant and restored native populations and select cultivated varieties. **Functional Ecology**, v. 18, p. 451-457, 2004.

HELPFER, F.; ZHANG, H.; LEMCKERT, C. J. Evaporation Reduction by Windbreaks: Overview, Modelling and Efficiency. **Urban Water Security Research Alliance Technical Report**, n.16. 2009.

HENDRICKS, J. J.; BORING, L. R. N₂ fixation by native herbaceous legumes in burned pine ecosystem of the southeastern United States. **Forest Ecology and Management**, v. 133, pp. 167-177, 1999.

HESPAÑOL, A. N. A expansão da agricultura moderna em bases empresariais e a integração do Centro-Oeste ao mercado nacional. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, AGB, n. 22, p. 7-26, 2000.

HODGES, L.; BRANDLE, J. R. Windbreaks: An Important Component in a Plasticulture System. **HortTechnology**, July-September. vol. 6, p. 3177- 3181, 1996.

HOOKS, C. R. R.; JOHNSON, M. W. Impact of agricultural diversification on the insect community of cruciferous crops. **Crop Protection**, v. 22, p.223-238, 2003.

HORINOUCHI, H.; KATSUYAMA, N.; TAGUCHIA, Y.; HYAKUMACHI, M. Control of Fusarium crown and root rot of tomato in a soil system by combination of a plant growthpromoting fungus, *Fusarium equiseti*, and biodegradable pots. **Crop Protection**, Oxford, v.27, p.859–864, 2008.

HUMPHRIES, A. W.; LATTA, R. A.; AURICHT, G. C.; BELLOTTI, W. D. Over-cropping lucerne with wheat: effect of lucerne winter activity on total plant production and water use of the mixture, and wheat yield and quality. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 55, p. 839-848, 2004.

IIJIMA, M.; IZUMI, Y.; YULIADI, E.; SUNYOTO; ARDJASA, W.S. Cassava-based intercropping systems on Sumatra Island in Indonesia: productivity, soil erosion, and rooting zone. **Plant Production Science**, v.7, p.347-355, 2004.

JANTALIA, C. P.; SANTOS, H. P. dos; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Influência de rotações de culturas no estoque de carbono e nitrogênio do solo sob plantio direto e preparo convencional. **Agronomia**, v. 37, n. 2, p. 91 - 97, 2003.

JANTALIA, C. P.; ALVES, B. J. R.; DENARDIN, J. E.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Rotação de cultura em sistema plantio direto e preparo convencional do solo – Importância da adubação verde com leguminosas no estoque de C e N do solo. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 18p. (**Embrapa Agrobiologia. Documentos, 183**).

JANZEN, H. H.; CAMPBELL, C. A.; BRANDT, S. A.; LAFOND, G. P.; TOWNLEY-SMITH, L. Light-fraction organic matter in soils from long-term crop rotations. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, p. 1799-1806, 1992.

JUNKER, P. H.; MADISON, J. J. Soil, moisture characteristica of sand-peat mixture. **Soil Science Society American Procedure**. 31(1) p. 5-8, 1967.

KIN, A. G.; LEDENT, J. F. **Efectos del viento sobre las plantas**. En: Viento, suelo y plantas. Golberg, A. D. & A.G. Kin, eds. Ediciones INTA. p. 45-72. 2003.

KIRCHNER, M. J.; WOLLUM, A. G.; KING, L. D. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystem. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, n. 5 pp. 1289-1295, 1993.

KUVA, M. A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana de açúcar – III Capim braquiária (*B. decumbens*) e capim colonião (*P. maximum*). **Planta daninha**, v. 21, n. 1 p. 37-44, 2003.

LADD, J. N.; OADES, J. M.; AMATO, M. Distribution and recovery of nitrogen from legume residues decomposing in soils sown to wheat in the field. **Soil Biology e Biochemistry**, v.13, p.251-256, 1981.

LANGRE, E. Effects of Wind on Plants. **Annual Review of Fluid Mechanics** Vol. 40, p. 141-168, 2008.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Carlos Henrique B. A. Prado. São Carlos, RiMa, 2006.

LAWLOR, D. W.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell Environment**, n. 25, 2002. p. 275-294.

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

LIMA, F.A.; SOUSA, G.G.; THALES VIANA, V.A.; PINHEIRO NETO, L.G.; AZEVEDO, B.M. CARVALHO, C.M. Irrigação da cultura do gergelim em solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.7, n. 2, p. 102 – 111, 2013.

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

LUNDQUIST, E. J.; JACKSON, L. E.; SCOW, K. M.; HSU, C. Changes in microbial biomass and community composition and soil carbon and nitrogen pools after incorporation of Rye into three California agricultural soils. **Soil Biology e Biochemistry**, v.31, p.221-236, 1999.

MACEDO, M. de O. **Estoque de Carbono, Nitrogênio e fertilidade do solo em áreas em recuperação com leguminosas e em um sistema de agricultura itinerante de alta produtividade**. Dissertação (Mestrado), 82 p. 2007. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; GOMES, J. E.; LIMA, E. M. G. Análise de valores teóricos de índice de equivalência de área (IEA) estimados para sistemas agroflorestais permanentes com seringueira e cafeeiro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS – FOREST, 5., 1999, Curitiba. **Anais...** Rio de Janeiro: Biosfera, 4 p. (BIO1228), 1999.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: Princípios e Métodos**. 2 ed., Viçosa: Ed. UFV, 358p, 2007.

MEDRADO, M. J. S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de pequenas propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Transferência de Tecnologia: Colombo, PR, Embrapa Florestas, 2000. p. 269-312.

MESQUITA, J. B. R.; AZEVEDO, B. M.; CAMPELO, A. R.; FERNANDES, C. N. V.; VIANA, T. V. A.; Crescimento e produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum*) sob diferentes níveis de irrigação. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 364-375, 2013.

MIRANDA, E. M.; SILVA, E. M. R.; SAGIN JÚNIOR, O. J. Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associados ao amendoim forrageiro em pastagens consorciadas no estado do Acre, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 40 n. 1, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: UFLA, 2002. 626p.

NASCIMENTO, J. J. V. R.; AZEVEDO, C. A. V.; SOUSA, J. S. C. MENDES, L. B. DANTAS NETO, J. Eficiência do uso de água do gergelim em função da água disponível no solo. **Revista Verde**, v.6, n.4, p. 230-233, 2011.

NAYYAR, H.; GUPTA, D. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. **Environmental and Experimental Botany**, n. 58, p. 106–113, 2006.

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.

NUBERG, I. K.; MYLIUS, S. J.; EDWARDS, J. M.; DAVEY, C. Windbreak research in a South Australian cropping system. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, n. 42-6, p. 781–795, 2002.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.; FIGUEIREDO, A. F. Colonização micorrízica e concentração de nutrientes em três cultivares de bananeiras em um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, 33: 345-352, 2003.

OLIVEIRA, N. G.; HELVÉCIO DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. Amendoim Feijão-vagem semeado sobre cobertura viva perene de gramíneas leguminosa e em solo mobilizado, com adubação orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.9, p.1361-1367, set. 2006.

ONODA, Y.; ANTEN, N. P. R. Challenges to understand plant responses to wind. **Plant Signaling & Behavior**, n. 6:7, 1057-1059, 2011.

PARK, S. A.; BENJAMIN, R. L.; WATKINSON, A. R. The Theory and Application of Plant Competition Models: an Agronomic Perspective. **Ecology**. v. 82, n. 9, p. 2525-2535, 2001.

PEDROSA, F. O. Fixação biológica de nitrogênio: Fértil ideia. **Ciência Hoje**. v. 6 p. 12-13, 1987.

PEREIRA, J. M. Leguminosas forrageiras em sistemas de produção de ruminantes: Onde estamos? Para onde vamos? In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002, p. 109-147.

PERIN, A.; CRUVINEL, D. J.; SILVA, J. W. Desempenho do gergelim em função da adubação NPK e do nível de fertilidade do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy** Maringá, v. 32, n. 1, p. 93-98, 2010.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; ESPÍNDOLA, J. A.; TEIXEIRA, M. G.; BUSQUET, R. N. B. Desempenho de bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, pp. 210-217, 2009.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; E TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 38, n. 7, p. 791-796, jul. 2003.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M.G.; PEREIRA, M.G.; FONTANA, A. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa (MG), v. 26, n. 3, p. 713-720, jul./set. 2002.

PERIN, A.; LIMA, E. A.; PEREIRA, M. G.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. Efeitos de coberturas vivas com leguminosas herbáceas perenes sobre a umidade e temperatura do solo. **Agronomia**, v. 38, n. 1, p. 27-31, 2004.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. S.; GUERRA, J. G. M.; GUSMÃO, L. A. Acúmulo e liberação de P, K, Ca e Mg em crotalária e milheto solteiros e consorciados. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.2, p. 274-281, mar/abr, 2010.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: EDUR, 2004. 191p.

PINTO, C. M.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINTO, O. R. O. Relações hídricas, trocas gasosas em amendoim, gergelim e mamona submetidos a ciclos de deficiência hídrica. **Agropecuária Técnica**, v. 35 (1), p. 31-40, 2014.

POSTGATE, J. R. **The fundamentals of nitrogen fixation**. Cambridge, Cambridge Univ. Press. 252 p. 1982.

PRIMAVESI, A. Revisão do conceito de Agricultura Orgânica: conservação do solo e seu efeito sobre a água. **Biológico**, São Paulo, v.65, n.1/2, p.69-73, jan./dez., 2003.

_____. **Manejo Ecológico dos Solos: a agricultura em regiões tropicais**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541p.

QUEIROZ, L. R.; GALVÃO, J. C. C.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, M. F.; TARDIN, F.D. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 2, p. 263-270, 2010.

RADVANYI, J. Quelques aspects de la conception des bandes forestières de production dans les steppes soviétiques. **Revue Forestière Française**, Nancy, 30 (6): 489-96, 1978.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2004. 478p.

RIBEIRO, P. H.; SANTOS, J. V. V. M.; COSER, S. M.; NOGUEIRA, N. O.; MARTINS, C. A. S. Adubação verde, os estoques de carbono e nitrogênio e a qualidade da matéria orgânica do solo, **Revista Verde**. v.6, n.1, p. 43 - 50 janeiro/março de 2011.

RICHARDS, B. N.; BEVEGE, D. I. The productivity and nitrogen economy of artificial ecosystems, comprising various combinations of perennial legumes and coniferous tree species. **Australian journal of botany** 15: 467-480, 1967.

RILLIG, M. C.; MUMMEY, D.L. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytology**, 171:41-53, 2006.

ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA, R. H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.2, p.301-309, 2003.

ROUSE, R. J.; HODGES, Laurie. Windbreaks. In **Production of Vegetables, Strawberries, and Cut Flowers Using Plasticulture**, Ithaca, NY: Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service, Cooperative Extension, 2004.

SAATO, L. In: GRACE, J. **Plant response to wind**. London: Academic Press, 1977. 204p.

SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SALGADO, A. S.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; ESPINDOLA, J. A. A. Consórcios alface-cenoura e alface-rabanete sob manejo orgânico **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1141-1147, jul. 2006.

SANTOS, C. A. B.; ROCHA, M. V. C.; ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Cultivo agroecológico de berinjela sob doses de adubação orgânica em coberturas vivas perenes. **Horticultura Brasileira**, n. 31, p. 311-316, 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: User's Guide. Version 9.2. Cary: SAS Institute, 2009. 7869p.

SEGUY L.; BOUZINAC S.; MARONEZZI A.C. Plantio direto e resistência das culturas às doenças. **Informações Agronômicas – Potafos**, n. 88, p. 2-3, 1999.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suíños em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.1375-1383, 2010.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico Alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.2, p.427-436, 2000.

SCHREUDER, M. D. J.; CAROLA. BREWER, C.; TONHEINE, C. Modelled influences of non-exchanging trichomes on leaf boundary layers and gas exchange. **Journal Theoretical Biology** n. 210, p. 23-32, 2001.

SCHULZE, E.; GEBAUER, G.; ZIEGLER, H.; LANGE, O. L. Estimates of nitrogen fixation by trees on an aridity gradient in Namibia. **Oecologia**. v. 88, (3), p. 451-455 , November 1991.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Weed suppression by smother crops and selective herbicides. **Science Agricol**, v. 61, n. 1, p. 21-26, 2004.

SIDDOWAY, F.H. Barriers for wind erosion control and water conservation. **Journal of soil and water conservation**, Ankeny, 25 (5): 180-4, 1970.

SILVA, D. M. N. **Adubação verde com leguminosas herbáceas perenes no Médio Vale do Jequitinhonha**. 2012. 88f. Dissertação (Produção Vegetal), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2012.

SILVA, F. C. da (ed). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. – Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SILVA, A. G. B.; GUERRA, J. G. M.; GONÇALVES JUNIOR, M.; COSTA, J.R.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S. Desempenho agronômico de mucuna verde em diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 6, p. 603-608, 2011a.

SILVA, A. S.; SILVA, I. F.; SILVA NETO, L. F.; SOUZA, C. Semeadura direta na produção do milho em agricultura de sequeiro na região Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.9, p.1556-1562, set, 2011b.

SILVA, M. B.; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M.; LANNA, A. L. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n.12, 1755-1761, 2007.

SILVEIRA, A. P. D. Micorrizas. In CARDOSO, E. J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do Solo**. Campinas: SBPC, p. 257-282, 1992.

SIMBA, FARAI MALVERN. **A flexible plant based irrigation control for greenhouse crops**. (Doctoral Dissertation). University Of Zimbabwe, 2010.

SOARES, P. G.; RESENDE, A. S.; URQUIAGA, S.; CAMPOLLO, E. F. C; FRANCO, A. A. Estabelecimento, produção de fitomassa, acúmulo de macronutrientes e estimativa da fixação biológica de nitrogênio em Arachis. **Pasturas Tropicales**, v. 28, n. 2, p.18-25. 2006.

SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A. N.; CARMONA, R.; CARVALHO, A. M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39 n. 4, Brasília, abr. 2004.

SOLINO, A. J. S; FERREIRA, R. O.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; NEGREIRO, J. R. S. Cultivo orgânico de rúcula em plantio direto sob diferentes tipos de coberturas e doses de composto. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 18-24, 2010.

SOUZA, L.S.; VELINI, E.D.; MAIOMONI-RODELLA, R.C.S. Efeito alelopático de plantas daninhas e concentrações de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) no desenvolvimento inicial de eucalipto (*Eucalyptus grandis*). **Planta Daninha**, v.21, n.3, p. 343-354, 2003.

SPAIN, J. M.; SALINAS, J. G. A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16., 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, p. 259-299, 1985.

SPEHAR, C. R.; TRECENCI, R. Desempenho agronômico de espécies tradicionais e inovadoras da agricultura em semeadura de sucessão e entressafra no cerrado do planalto central brasileiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 102-111, 2011.

STREDOVA, H.; PODHRAZSKA, J.; LITSCHMANN, T.; STREDA, T.; ROZNOVSKY, J. Aerodynamic parameters of windbreak based on its optical porosity. **Contributions to Geophysics and Geodesy**, v. 42/3, p. 213–226, 2012.

SUDMEYER, R. A.; SCOTT, P. R. Characterisation of a windbreak system on the south coast of Western Australia. 1. Microclimate and wind erosion **Australian Journal of Experimental Agriculture** 42 (6) 703 – 715, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TAMANG, B.; ANDREU, M. G.; FRIEDMAN, M. H.; ROCKWOOD, D. L. Windbreak Designs and Planting for Florida Agricultural Fields. IFAS, University of Florida, (**Document FOR227**). Gainesville - Florida, 2012.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F.; FONSECA, I.C.B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.3, p.725-730, 2001.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FAVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Leguminosas herbáceas perenes para a utilização como coberturas permanentes de solo na caatinga mineira. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p. 292-300, 2011.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho Escuro afetadas por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.107-114, 1992.

THOMAS, R. J.; ASAGAWA, N. M.; RONDON, M. A.; ALARCON, H. F. Nitrogen fixation by three tropical forage legumes in an acid-soil savana of Colombia. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.29, p. 801-808, 1997.

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

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.3, p.421-428, 2008.

UNDI, M.; KAMOGAWA, K. C.; MUSENDO, R. M. Nutritive value of maize stover/pasture legume mixture as dry season supplementation for sheep. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v.40, p. 261-267, 2001.

VOLPE, C. A.; SCHÖFFEL, E. R. Quebra-vento. In: RUGGIERO, C. **Bananicultura**, Jaboticabal: FUNEP, 2001. p.196-211.

VON OSTERROHT, M. O que é uma adubação verde: princípios e ações. **Agroecologia Hoje**, n.14, p.9-11, 2002.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ VENEGAS, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F. de; MELLO, J. W. V. de; COSTA, L. M. da. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.195-276, 2002.

VAN GARDINGEN, P.; GRACE, J. Plants and Wind. **Advances in Botanical Research**, v. 18, p. 192-250, 1991.

VARCO, J. J.; FRYE, W. W.; SMITH, M. S.; MacKOWN, C. T. Tillage effects on legume decomposition and transformation of legume and fertilizer nitrogen-15. **Soil Science of America Journal**, Madison, v. 57, p. 750-756, 1993.

VIEIRA, S. R. DO NASCIMENTO, P. C.; SARAVASI, F. O.; DE MOURA E. G. Umidade e temperatura da camada superficial do solo em função da cobertura morta por resteva de soja em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.2, p.219-224, 1991.

VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, E. L.; MARRA, R.; WOOA, S. L.; LORITO, M. Trichoderma–plant–pathogen interactions. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.40, p.1-10, 2008.

VOGEL, S. Leaves in the lowest and highest winds: temperature, force and shape. **New Phytologist**, n. 183, p.13–26, 2009.

WARDA, P. R.; FLOWER, K. C.; CORDINGLEY, N.; WEEKSE, C.; MICINA, S. F. Soil water balance with cover crops and conservation agriculture in a Mediterranean climate. **Field Crops Research**, 132, p. 33–39, 2012.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.2, p.429-437, 2009.

YOLDAS, F.; ESIYOK, D. Effects of sowing dates and cultural treatments on growth, quality and yield of processing beans. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, University of Ege, Odemis, v.10 (15) p. 2470-2474, 2007.

ZHANG, F.; SHEN, J.; LI, L.; LIU, X. An overview of rhizosphere processes related with plant nutrition in major cropping systems in China. **Plant and Soil**, v. 260, p.89-99, 2004.

ZHOU, X. H.; BRANDLE, J. R.; MIZE, C. W.; TAKLE, E. S. Three-dimensional aerodynamic structure of a tree shelterbelt: Definition, characterization and working models. **Agroforestry Systems**, May 2005, Volume 63, pp 133-147

ANEXOS

Anexo 1 - Área/Bloco sem proteção de quebra-vento

4 6-MGCPK Cp	1 m	3 1-MGSPKs/Cp	1m	2 5-MGSPK Cp	1m	1 2-MGCPKs/Cp
1 m Bloco I						
8 7-MGSDjs/Cp		7 4-GCPKNs/Cp		6 8-GCDjs/Cp		5 3-GSPKNs/Cp
2 m						
12 5-MGSPK Cp		11 8-MGCDjs/Cp		10 1-GSPKs/Cp		9 2-MGCPKs/Cp
1 m Bloco II						
16 4-MGCPKNs/C		15 7-MGSDjs/C		14 6-MGCPK Cp		13 3-GSPKNs/C
2 m						
20 3-GSPKNs/Cp		19 6-MGCPK Cp		18 1-GSPKs/Cp		17 8-MGCDjs/Cp
1 m Bloco III						
24 2-GCPKs/Cp		23 5-MGSPK Cp		22 4-CPKNs/Cp		21 7-MGSDjs/Cp
2 m						
28 1-MGSPKs/Cp		27 6-MGCPK Cp		26 5-MGSPK Cp		25 2-MGCPKs/Cp
1 m Bloco IV						
32 8-MGCDjs/Cp		31 4-GCPKNs/Cp		30 7-GSDjs/Cp		29 3-GSPKNs/Cp

Nº	TRATAMENTOS – ÁREA SEM PROTEÇÃO QUEBRA-VENTO	BLOCOS			
		I	II	III	V
1 MGSPKs/Cp	Milho solteiro/Gergelim solteiro + PK sem capinas (ms/gs +PK s/cap)	3	0	18	28
2 MGCPKs/Cp	Milho consorciado/Gergelim consorciado + PK sem capinas	1	9	4	25
3 MGSPKNs/Cp	Milho solteiro/Gergelim solteiro + PK + ureia sem capinas	5	13	0	29
4 MGCPKNs/Cp	Milho consorciado/Gergelim consorciado + PK + ureia sem capinas	7	16	22	31
5 MGSPK Cp	Milho solteiro/Gergelim solteiro + PK capinados	2	12	3	26
6 MGCPK Cp	Milho consorciado/Gergelim consorciado + PK capinados	4	14	19	27
7 MGSDjs/Cp	Milho solteiro/Gergelim solteiro + dejeto de suínos sem capinas	8	15	21	30
8 MGCDjs/C	Milho consorciado/Gergelim consorciado + dejetos de suínos s/ capinas	6	11	17	32

Anexo 2 - Croqui da área protegida por quebra-vento

36 1-MGSPKs/Cp	35 4-MGCPKNs/Cp	34 7- MGSDjs/Cp	33 6- MGCPKCP
Bloco I			
40 8-MGCDjs/Cp	39 2- MGCPKs/Cp	38 5- MGSPKCP	37 3- MGSPKNs/Cp

44 3MGSPKNs/Cp	43 1- MGSPKs/Cp	42 2- MGCPKs/Cp	41 8- MGCDjs/Cp
Bloco II			
48 6- MGCPKCP	47 7- MGSDjs/Cp	46 5- MGSPKCP	45 4-MGCPKNs/Cp

52 7- MGSDjs/Cp	51 5- MGSPKCP	50 8- MGCDjs/Cp	49 1- MGSPKs/Cp
Bloco III			
56 4- MGCPKNs/Cp	55 6- MGCPKCP	54 3- MGSPKNs/Cp	53 2- MGCPKs/Cp

60 3- MGSPKNs/Cp	59 8- MGCDjs/Cp	58 5- MGSPKCP	57 6- MGCPKCP
Bloco IV			
64 4- MGCPKNs/Cp	63 1- MGSPKs/Cp	62 2- MGCPKs/Cp	61 7- MGSDjs/Cp

Feijão-Guandu comum

Eucalipto

Nº	TRATAMENTOS – ÁREA COM PROTEÇÃO QUEBRA-VENTO (Eucalipto)	BLOCOS			
		I	II	III	IV
1- MGSPKs/Cp	Milho solteiro/Gergelim solteiro + PK sem capinas	36	43	49	63
2- MGCPKs/Cp	Milho consorciado/Gergelim consorciado + PK sem capinas	39	42	53	62
3- MGSPKNs/Cp	Milho solteiro/Gergelim solteiro + PK + ureia sem capinas	37	44	54	60
4-MGCPKNs/Cp	Milho consorciado/Gergelim consorciado + PK + ureia sem capinas	35	45	56	64
5- MGSPKCp	Milho solteiro/Gergelim solteiro + PK capinados	38	46	51	58
6- MGCPKCp	Milho consorciado/Gergelim consorciado + PK capinados	33	48	55	57
7- MGSDjs/Cp	Milho solteiro/Gergelim solteiro + dejeto de suínos sem capinas	34	47	52	61
8- MGCDjs/Cp	Milho consorciado/Gergelim consorciado + dejetos de suínos s/ capinas	40	41	50	59

Anexo 3 - Quadros de variâncias

Quadro de variância para cada bloco (protegido e desprotegido)

Causa de variação	Graus de liberdade
Planta de Cobertura/Ad.Verde	1
Fertilização	3
Planta de Cobertura/Ad.Verde * fertilização	3
Tratamentos	7
Blocos	3
Resíduo	21
Total	31

Quadro de variância Comparativo entre médias dos tratamentos entre as áreas/blocos (protegido e desprotegido)

Causa de variação	Graus de liberdade
Planta de Cobertura/Ad.Verde	1
Fertilização	3
Planta de Cobertura/Ad.Verde * fertilização	3
Tratamentos	7
Blocos	1
Resíduo	7
Total	15

Anexo 4 - Composição do dejeto líquido de suínos utilizado na adubação da cultura do milho em outubro de 2012, nos tratamentos 7 e 8 nas áreas sem e com proteção quebra-vento.

PROPRIETÁRIO:	Bruno Saleh	PROPRIEDADE:
MUNICÍPIO:	Rio Verde	ESTADO: GO
DATA ENTRADA:	07/07/2012	REMET: O mesmo
DATA SAÍDA:	24/09/2012	FONE:
PROJETO:		MATERIAL: DLS

RESULTADOS DE ANÁLISES DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS

Nº LAB.	AMOSTRA	MACRONUTRIENTES (mg/L)				
		N Total - %	P	K	Ca	Mg
3	PL1 A	0,10	122,30	7112,50	108,38	39,00
4	PL1 B	0,11	36,60	6725,00	73,25	19,50
5	PL2	0,14	40,24	6712,50	74,63	33,00
6	PL3	0,01	13,50	3587,50	29,63	14,00
						19,89

Nº LAB.	AMOSTRA	MICRONUTRIENTES (mg/L)			
		Fe	Mn	Cu	Zn
3	PL1 A	1,7	0,6	1,0	3,7
4	PL1 B	0,6	0,2	0,1	0,3
5	PL2	1,1	0,3	0,4	2,0
6	PL3	0,6	0,1	0,2	0,6

Nº LAB.	AMOSTRA	DADOS COMPLEMENTARES			
		MO %	MS %	Densidade	pH
3	PL1 A	0,67	0,61		8,09
4	PL1 B	0,36	0,37		7,94
5	PL2	0,58	0,43		7,84
6	PL3	0,25	0,23		8,01

Anexo 5 - Imagens do Experimento da Sucessão Milho e Gergelim consorciado com amendoim forrageiro e diferentes fertilizações e proteção quebra-vento vegetal.



Imagen 01 – Vista aérea da área experimental, protegida e desprotegida por barreira quebra-vento de 6,0 m de Eucalipto e 2,5m Feijão Guandu no pré-plantio do milho (outubro/2012).



Imagen 02 – Porosidade óptica estimada de 40% na barreira dupla de quebra-vento de Eucalipto (7,0m) e Feijão Guandu (4,0m) na cultura de gergelim



Imagen 03 – Porosidade óptica estimada de 40% na cultura de gergelim (abril/2013).



Imagen 04 – Área sem quebra-vento milho solteiro com adubação P+K, sem capina – infestação de ervas espontâneas.



Imagen 05 – Área sem quebra-vento milho solteiro com adubação P+K e adubação em cobertura de N, sem capina – infestação de ervas espontâneas.



Imagen 06 – Área sem quebra-vento milho solteiro com adubação P+K, com capina, fase pré-colheita.



Imagen 07 – Área sem quebra-vento milho consorciado com amendoim forrageiro com adubação P+K, com capina, fase pré-colheita.



Imagen 08 – Área sem quebra-vento, milho consorciado com amendoim forrageiro e adubação P+K, com capina, fase pré-colheita – plantas menos desenvolvidas.



Imagen 09 – Área sem quebra-vento, milho solteiro, adubação com dejeto líquido de suínos, sem capina – plantas bastante desenvolvidas



Imagen 10 – Área sem quebra-vento, milho solteiro, adubação com dejeto líquido de suínos, sem capina – infestação de espontâneas.



Imagen 11 – Área sem quebra-vento, milho consorciado com amendoim forrageiro e adubação com dejeto líquido de suínos, sem capina – infestação de espontâneas.



Imagen 12 – Área sem quebra-vento, milho consorciado com amendoim forrageiro e adubação com dejeto líquido de suínos, sem capina – aspecto da produção-espigas.



Imagen 13 – Área com proteção quebra-vento, milho consorciado com amendoim forrageiro e adubação com dejeto líquido de suínos, sem capina – aspecto da produção-espigas.



Imagen 14 – Área com quebra-vento, milho consorciado com amendoim forrageiro e adubação com dejeto líquido de suínos, sem capina – infestação de ervas espontâneas.



Imagen 15 – Área com proteção quebra-vento, milho solteiro e adubação com dejeto líquido de suínos, sem capina – aspecto da produção-espigas.



Imagen 16 – Área com proteção quebra-vento, milho consorciado com amendoim forrageiro e adubação com P+K, sem capina – aspecto da infestação por ervas espontâneas.



Imagen 17 – Área com proteção quebra-vento, milho solteiro e adubação com P+K e cobertura com N, sem capina – aspecto da produção-espigas.



Imagen 18 – Área com proteção quebra-vento, milho consorciado com amendoim forrageiro e adubação com P+K e cobertura com N, sem capina – aspecto da infestação por ervas espontâneas.



Imagen 19 – Área com proteção quebra-vento, milho solteiro e adubação com P+K, capinado – aspecto da infestação por ervas espontâneas



Imagen 20 – Área com proteção quebra-vento, milho consorciado com amendoim forrageiro e adubação com P+K capinado – aspecto da cobertura da forrageira.



Imagen 21 – Amostragem da biomassa de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*). Tablete de 0,25m x 0,25m.



Imagen 22 – Amostragem da biomassa de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*). Tablete de 0,25m x 0,25m.



Imagen 23 – Vista parcial da área protegida com porosidade óptica estimada de 40% na cultura de gergelim.



Imagen 24 – Porosidade óptica estimada de 40% na barreira quebra-vento e aspecto do desenvolvimento ao final do ciclo na cultura de gergelim.



Imagen 25 – Cobertura de solo com palhada de milho e crescimento limitado de amendoim forrageiro em parcelas consorciadas na cultura do gergelim.



Imagen 26 – Baixa competição do amendoim forrageiro com as linhas da cultura de gergelim.



Imagen 27 – Área sem proteção quebra-vento, gergelim consorciado com amendoim forrageiro sobre resíduo de adubação com P+K sem capina – aspecto do desenvolvimento e da cobertura do solo e forrageira.



Imagen 28 – Área sem proteção quebra-vento, gergelim solteiro sobre resíduo de adubação com P+K e cobertura com N sem capina – aspecto do desenvolvimento das plantas e da cobertura do solo



Imagen 29 – Área sem proteção quebra-vento, gergelim consorciado com amendoim forrageiro sobre resíduo de adubação com P+K com capina – aspecto do desenvolvimento e da cobertura do solo e forrageira.



Imagen 30 – Área sem proteção quebra-vento, gergelim solteiro sobre resíduo de adubação com Dexto líquido de suínos sem capina – aspecto do desenvolvimento das plantas.



Imagen 31 – Área sem proteção quebra-vento, gergelim solteiro sobre resíduo de adubação com P+K e cobertura com N com capina – aspecto do desenvolvimento das plantas e da cobertura do solo e forrageira



Imagen 32 – Área sem proteção quebra-vento, gergelim solteiro sobre resíduo de adubação com P+K com capina – aspecto do desenvolvimento das plantas e da cobertura do solo.



Imagen 33 – Área sem proteção quebra-vento, gergelim consorciado com amendoim forrageiro, sobre resíduo de adubação com Dejeto líquido de suínos, sem capina – aspecto do desenvolvimento das plantas, palhada abundante e poucas plantas de forrageira.



Imagen 34 – Área com proteção quebra-vento, gergelim consorciado com amendoim forrageiro, sobre resíduo de adubação com P+K, sem capina – aspecto do desenvolvimento das plantas e da cobertura do solo com palhada e a forrageira.



Imagen 35 – Área com proteção quebra-vento, gergelim solteiro sobre resíduo de adubação com P+K e cobertura com N, sem capina – aspecto do desenvolvimento das plantas e da cobertura do solo com palhada e a forrageira.



Imagen 36 – Área com proteção quebra-vento, gergelim solteiro sobre resíduo de adubação com P+K, com capina – aspecto do desenvolvimento das plantas e da cobertura do solo – pouca palhada.



Imagen 37 – Área com proteção quebra-vento, gergelim solteiro sobre resíduo de adubação com Dejeto líquido de suínos sem capina – aspecto do desenvolvimento das plantas.