

Universidade Camilo Castelo Branco  
Campus de Fernandópolis

GLAUCIMARCOS FAKINE MARSOLI

UTILIZAÇÃO DE ADUBOS VERDES NA RECUPERAÇÃO DE UM  
ARGISSOLO DEGRADADO

GREEN FERTILIZERS USE IN RECOVERY OF A DEGRADED ULTISOL

Fernandópolis, SP

2016

Glaucimarcos Fakine Marsoli

UTILIZAÇÃO DE ADUBOS VERDES NA RECUPERAÇÃO DE UM ARGISSOLO  
DEGRADADO

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrea Cristiane Sanches

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gisele Herbst Vazquez

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Camilo Castelo Branco, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Fernandópolis, SP

2016

## FICHA CATALOGRÁFICA

Marsoli, Glaucimarcos Fakine  
M328u Utilização de adubos verdes na recuperação de um ar-  
gissolo degradado / Glaucimarcos Fakine Marsoli . – Fer-  
nandópolis, 2016  
67f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrea Cristiane Sanches  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Gisele Herbst Vazquez

1. Germinação. 2. Solo compactado. 3. Cobertura vegetal. I. Título.

CDD 631.874

### Termo de Autorização

#### **Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respeetivo Programa da UNICASTELO e no Banco de Teses da CAPES**

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a UNICASTELO a disponibilizar através do site <http://www.unicastelo.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

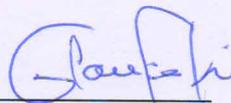
A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **“UTILIZAÇÃO DE ADUBOS VERDES NA RECUPERAÇÃO DE UM ARGISSOLO DEGRADADO”**

Autor(es):

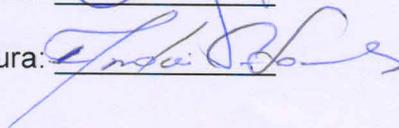
Discente: Glaucimarcos Fakine Marsoli

Assinatura:



Orientador: Andrea Cristiane Sanches

Assinatura:



Data: 30/março/2016

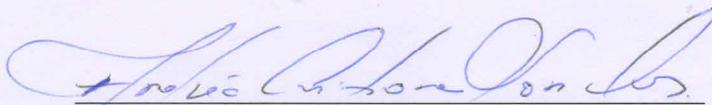
Universidade Camilo Castelo Branco • [unicastelo.edu.br](http://unicastelo.edu.br)

**TERMO DE APROVAÇÃO**

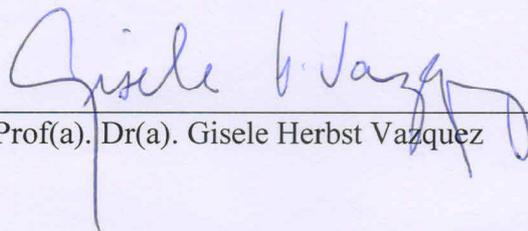
**GLAUCIMARCOS FAKINE MARSOLI**

**UTILIZAÇÃO DE ADUBOS VERDES NA RECUPERAÇÃO DE UM  
ARGISSOLO DEGRADADO**

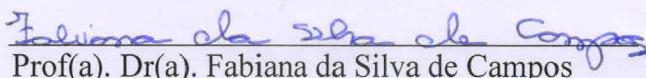
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, pela seguinte banca examinadora:



Prof(a). Dr(a). Andrea Cristiane Sanches  
(Presidente)



Prof(a). Dr(a). Gisele Herbst Vazquez



Prof(a). Dr(a). Fabiana da Silva de Campos

Fernandópolis - SP, 30 de março de 2016.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Andrea Cristiane Sanches

Universidade Camilo Castelo Branco • [unicastelo.edu.br](http://unicastelo.edu.br)

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho dedico exclusivamente aos meus pais por todos os momentos, pelas palavras e conselhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Andrea Cristiane Sanches e coorientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Gisele Herbst Vazquez por toda disponibilidade e paciência para realização deste trabalho, pela dedicação, por esclarecimento de todas as dúvidas do trabalho e aulas. Obrigado professoras pela dedicação.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original” - Albert Einstein

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sementes que foram utilizadas no experimento.....	33
Figura 2. Lisímetros confeccionados para o experimento (a) com o detalhe da fixação do sombrite e das barras de ferro na parte inferior do mesmo.....	34
Figura 3. Detalhe do compactador desenvolvido para o experimento.....	35
Figura 4. Vasos compactados, umedecidos e perfurados para posterior semeadura. ....	37
Figura 5. Vasos prontos e semeados.....	37
Figura 6. Área do experimento sendo roçada. ....	40
Figura 7. Área do experimento sendo sulcada. ....	40
Figura 8. Área do experimento sendo semeada.....	41
Figura 9. Valores diários de temperatura e Umidade Relativa do ar durante o período do experimento. Fernandópolis, 2013. ....	43
Figura 10. Valores diários de temperatura e precipitação durante o período do experimento. Fernandópolis, 2013.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da análise textural do solo.....	36
Tabela 2. Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de guandu anão de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013. ....	44
Tabela 3. Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para o índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de guandu-anão. Fernandópolis, 2013.....	44
Tabela 4. Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa úmida da parte aérea de plantas de guandu-anão. Fernandópolis, 2013.....	45
Tabela 5. Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa seca da parte aérea de plantas de guandu-anão. Fernandópolis, 2013.....	45
Tabela 6. Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa úmida da raiz de plantas de guandu-anão. Fernandópolis, 2013. ....	45
Tabela 7. Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa seca da raiz de plantas de guandu-anão. Fernandópolis, 2013. ....	46
Tabela 8. Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de guandu fava-larga de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013. ....	47
Tabela 9. Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de sorgo de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013. ....	47
Tabela 10. Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa seca da parte aérea de plantas de sorgo. Fernandópolis, 2013.....	48
Tabela 11. Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa úmida da raiz de plantas de sorgo. Fernandópolis, 2013. ....	48

Tabela 12. Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa seca da raiz de plantas de sorgo. Fernandópolis, 2013.....	48
Tabela 13. Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de brachiaria de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013. ....	49
Tabela 14. Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de feijão de porco de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013. ....	50
Tabela 15. Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa úmida da raiz de plantas de feijão de porco. Fernandópolis, 2013.....	51
Tabela 16. Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de crotalária de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013. ....	51
Tabela 17. Médias obtidas para densidade do solo dos vasos inicialmente compactados a 1,50, 1,75 e 1,85 g cm <sup>-3</sup> de acordo com as diferentes espécies avaliadas e vigor da semente e valores de F. Fernandópolis, SP, 2013.....	52
Tabela 18. Médias do desdobramento de espécies dentro de cada nível de vigor para densidade de vaso de 1,50 g cm <sup>-3</sup> . Fernandópolis, 2013.....	53
Tabela 19. Médias do desdobramento de espécies dentro de cada nível de vigor para densidade de vaso de 1,75 g cm <sup>-3</sup> . Fernandópolis, 2013.....	53
Tabela 20. Médias do desdobramento de espécies dentro de cada nível de vigor para densidade de vaso de 1,85 g cm <sup>-3</sup> . Fernandópolis, 2013.....	53
Tabela 21. Médias de altura da planta, massa seca da parte aérea em 1 m <sup>2</sup> e densidade do solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de acordo com os diferentes tratamentos e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2014.....	55
Tabela 22. Médias obtidas para nos teores de matéria orgânica (MO), fósforo (P), pH, potássio (K) e cálcio (Ca) de acordo com os diferentes tratamentos e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2014.....	56

Tabela 23. Médias obtidas para nos teores de magnésio (Mg), acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V) de acordo com os diferentes tratamentos e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2014.....	57
---	----

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	19
2. OBJETIVOS .....	21
2.1. Objetivos gerais.....	21
2.2. Objetivos específicos.....	21
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	22
3.1. Área degradada.....	22
3.2. Adubos verdes na recuperação de áreas degradadas.....	22
3.3. Adubos verdes utilizados na recuperação de áreas degradadas.....	23
3.3.1. Brachiaria .....	23
3.3.2. Crotalária juncea .....	24
3.3.3. Feijão-de-Porco.....	25
3.3.4. Guandu anão.....	26
3.3.5. Guandu arbóreo fava larga.....	27
3.3.6. Milheto.....	27
3.3.7. Mucuna preta .....	28
3.3.8. Sorgo.....	28
3.4. Tipos de germinação (epígea e hipógea).....	29
3.5. Potencial fisiológico da semente (vigor) .....	30
3.6. Densidade do solo (compactação).....	31
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	33
4.1. Interferência do tipo de germinação e da qualidade fisiológica da semente no estabelecimento inicial de plantas em solo compactado.....	33
4.2. Espécies utilizadas no experimento .....	33
4.3. Confeção dos Lisímetros .....	34
4.4. Construção do Equipamento de Compactação.....	34
4.5. Caracterização dos Lotes de Sementes.....	35
4.6. Delineamento experimental e tratamentos .....	35
4.7. Coleta e Amostragem do Solo.....	36
4.8. Potencial fisiológico (vigor).....	36
4.9. Densidade do solo (compactação).....	36
4.10. Instalação .....	37

4.11. Análises realizadas.....	38
4.12. Forma e análise dos resultados .....	39
4.13. Espécies vegetais em área degradada e sua relação com os atributos físico e químico do solo .....	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
5.1. Interferência do tipo de germinação e da qualidade fisiológica da semente no estabelecimento inicial de plantas em solo compactado .....	43
5.2. Espécies vegetais em área degradada e sua relação com os atributos físico e químico do solo .....	54
6. CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59

# UTILIZAÇÃO DE ADUBOS VERDES NA RECUPERAÇÃO DE UM ARGISSOLO DEGRADADO

## RESUMO

O aumento de áreas degradadas devido à má utilização do solo vem aumentando ano a ano, sendo a semeadura de adubos verdes uma das alternativas para a sua recuperação. O uso de uma espécie vegetal correta (alto poder de germinação em condição adversa e boa cobertura do solo) garante o sucesso na recuperação desses ambientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar o tipo de germinação (epígeo e hipógeo) e o vigor da semente na capacidade de emergência de diversas espécies vegetais em um solo submetido a diferentes densidades. Além disso, estas espécies foram semeadas em área de empréstimo (degradada) com o objetivo de avaliar o seu desempenho e interferência na melhoria de atributos químicos e físicos do solo. Em casa de vegetação, o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2, sendo os tratamentos principais as diferentes densidades do solo (1,50, 1,75 e 1,85 g cm<sup>-3</sup>) e os secundários os níveis de vigor (alto e médio), avaliados para seis espécies vegetais (crotalária, guandu forrageiro, guandu anão, feijão de porco, brachiaria e sorgo forrageiro) com diferentes formas de germinação (epígea e hipógea para dicotiledôneas e hipógea para monocotiledôneas) com quatro repetições de 25 sementes. Em campo, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com gramíneas e leguminosas, que foram combinadas ou não (testemunha/vegetação espontânea, guandu arbóreo, guandu anão, crotalária, mucuna preta, feijão de porco, milho, brachiaria, sorgo forrageiro, guandu arbóreo+brachiaria, guandu anão+brachiaria, crotalaria+brachiaria, mucuna preta+brachiaria e feijão de porco+brachiaria). As avaliações realizadas em casa de vegetação foram: porcentagem e velocidade de emergência; fitomassa úmida e seca da parte aérea e da raiz; altura da plântula e densidade do solo e no campo: densidade do solo; análise química do solo e massa seca da parte aérea em 1 m<sup>2</sup>. Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância empregando-se o teste F e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade. Concluiu-se que o tipo de germinação, epígeo ou hipógeo, não interfere na resposta da semente quanto a sua emergência e desenvolvimento da plântula em solos de alta densidade. Para todas as espécies avaliadas, com exceção do feijão de

porco, na densidade de  $1,75 \text{ g cm}^{-3}$  ocorre o maior desenvolvimento da parte aérea e da raiz das plântulas. Para o guandu-anão, feijão de porco e sorgo, em solos com alta densidade, as melhores respostas são obtidas com sementes de alto vigor, havendo, portanto, interferência da qualidade fisiológica da semente no seu desempenho. O feijão de porco pode ser utilizado em áreas degradadas e compactadas, por possuir um elevado desempenho inicial de suas sementes e um vigoroso sistema radicular. A semeadura de espécies vegetais em áreas degradadas independentemente se mono ou dicotiledôneas, com germinação epígea ou hipógea, de forma isolada ou em consórcio com brachiaria, auxilia na melhoria das características físicas do solo, não interferindo, porém, nas características químicas do solo em um primeiro ano de cultivo.

**Palavras-chave:** germinação, solo compactado, cobertura vegetal.

# GREEN FERTILIZERS USE IN RECOVERY OF A DEGRADED ULTISOL

## ABSTRACT

The increase of degraded areas due to the poor use of the soil has been increasing year by year, being the sowing of green fertilizers one of the alternatives for its recovery. The use of a correct plant species (high germination power in adverse conditions and good soil cover) guarantees the successful recovery of these environments. The objective of this work was to evaluate the germination type (epigeal and hypogeal) and seed vigor in the emergence capacity of several plant species in a soil submitted to different densities. In addition, these species were sown in a (degraded) loan area with the objective of evaluating their performance and interference in the improvement of soil chemical and physical attributes. In a greenhouse, the experimental design was completely randomized in a 3 x 2 factorial scheme, with the main treatments being the different soil densities (1.50, 1.75 and 1.85 g cm<sup>-3</sup>) and the vigor levels the secondary ones (high and medium), evaluated for six plant species (crotalaria, forage pigeon pea, dwarf pigeon, jack bean, brachiaria and sorghum) with different germination forms (epigeal and hypogeal for dicotyledons and hypogeal for monocotyledons) with four replicates of 25 seeds. In the field, the experimental design was a completely randomized design with grasses and legumes, which were combined or not (control/spontaneous vegetation, arboreal pigeon, dwarf pigeon, crotalaria, black mucuna, jack bean, millet, brachiaria, arboreal pigeon+brachiaria, dwarf pigeon+brachiaria, crotalaria+brachiaria, black mucuna+brachiaria and jack bean+brachiaria). The evaluations carried out in the greenhouse were: percentage and emergency speed; wet and dry phytomass of shoot and root; height of the seedling and soil density, and in the field: soil density; soil chemical analysis and shoot dry mass in 1 m<sup>2</sup>. The data were subjected to analysis of variance using the F test and the means, when significant, were compared by the Scott-Knott test at 0.05 probability. It was concluded that the type of germination, epigeal or hypogeal, does not interfere in the response of the seed to its emergence and development of the seedling in high density soils. For all evaluated species, with the exception of jack beans, at the density of 1.75 g cm<sup>-3</sup> the highest development of the aerial part and the root of the seedlings occurs. For dwarf pigeon peas and

sorghum in high density soils, the best responses are obtained with high vigor seeds, and therefore, interference of the physiological quality of the seed in its performance. For dwarf pigeon peas, jack bean and sorghum in high density soils, the best responses are obtained with high vigor seeds, and therefore, interference of the physiological quality of the seed in its performance. Jack bean can be used in degraded and compacted areas, because it has a high initial seed performance and a vigorous root system. The sowing of plant species in degraded areas independently if mono or dicotyledons, with epigeal or hypogeal germination, alone or in consortium with brachiaria, helps to improve the physical characteristics of the soil, but does not interfere with the chemical characteristics of the soil in a first year of cultivation.

**Keywords:** germination, compacted soil, vegetal cover.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as atividades do homem têm provocado uma série de alterações negativas à paisagem terrestre. O aumento de áreas degradadas devido ao mau uso do solo, principalmente por manejos incorretos, mineração e pela construção civil, tem crescido. A preocupação nesta área tem evoluído e vem incentivando pesquisadores a gerar tecnologias para a recuperação desses ambientes.

Áreas degradadas são aquelas sem vegetação, assoreadas e erodidas, utilizadas como empréstimo, bota-fora, escavadas, mineradas ou mesmo mal manejadas e que sofreram perturbações em sua integridade de natureza física, química ou biológica e precisam ser recuperadas. Recuperação, por sua vez, é a reversão de uma condição degradada para uma condição não degradada (MAJOER, 1989 apud RODRIGUES; GANDOLFI, 2000) e tem por objetivos recuperar sua integridade física, química e biológica (estrutura), e, ao mesmo tempo, recuperar sua capacidade produtiva (função), seja na produção de alimentos e matérias-primas ou na prestação de serviços ambientais (RODRIGUES; GANDOLFI, 2001).

A adição de material orgânico através da escolha adequada das espécies é fator decisivo no estabelecimento da vegetação e proteção contra os processos erosivos. No processo de recuperação, a seleção de espécies, bem como a determinação de requerimentos nutricionais, constitui passos importantes para se obter o sucesso esperado. A utilização de espécies de rápido crescimento, como as leguminosas, que desenvolveram simbioses com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos, tem-se mostrado bastante promissora (ALVES, 2001).

Por sua vez, o período compreendido entre a sementeira e o desenvolvimento das plântulas é uma fase crucial para o estabelecimento de uma espécie vegetal, sendo importante que a máxima germinação ocorra no menor tempo possível e com uniformidade de plântulas. Diversos fatores podem afetar a germinação e conseqüentemente a emergência das plântulas, sendo o nível de vigor, o tipo de germinação das sementes e a compactação do solo alguns deles.

Já o tipo de germinação de uma semente, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), consiste, na realidade, em um mecanismo pelo qual a parte aérea da plântula emergente é posta acima da superfície do solo, sem sofrer danos pelo atrito contra esse substrato, sendo divididos em dois tipos, o epígeo e o hipógeo. O conhecimento

em relação ao tipo de germinação é essencial para a tomada de decisões referentes ao sistema de preparo do solo e à profundidade de semeadura (MARCOS FILHO, 2005), interferindo no desempenho inicial da semente.

Além disso, por sua vez, a emergência e o desenvolvimento das plântulas estão na dependência do potencial fisiológico das sementes (MORAES; MENEZES, 2003) e que tem sido caracterizado pela germinação e pelo vigor.

Segundo Hauser (1986), muitos fatores afetam a germinação e o estabelecimento das plântulas, incluindo a idade da semente, a porcentagem de germinação e o vigor das plântulas. O uso de sementes com baixo vigor pode ter reflexos negativos dos mais variáveis, principalmente os relacionados com a obtenção do estande desejado (MACHADO, 1988).

Quando as condições ambientais são ligeiramente desfavoráveis, mas o lote apresenta vigor elevado, poucas sementes deixam de germinar, entretanto, quando há declínio do vigor, uma proporção cada vez mais elevada de sementes não é capaz de tolerar estresses (MARCOS FILHO, 2005).

Portanto, a avaliação do vigor das sementes assume maior importância quando há possibilidade da ocorrência de condições adversas à emergência das plântulas no campo, como por exemplo, em um solo compactado e degradado.

Dentre os fatores que condicionam o meio ambiente do solo, a umidade, a temperatura e a aeração são primordiais para a germinação. Porém, para que uma semente já germinada dê continuidade ao crescimento da plântula, deve-se incluir a estes fatores a resistência mecânica do solo à penetração, que por sua vez, está relacionado ao estado de compactação do solo ao redor da semente.

Segundo Andrade; Stone; Silveira (2009), a diminuição do grau de compactação pela ação de plantas de cobertura demonstra ser um processo lento. É primordial que haja mais informações sobre quais são as espécies mais eficientes na melhoria da qualidade física do solo sob determinadas condições de solo e clima. Além disso, estudos do efeito do sistema radicular na recuperação dos atributos físicos do solo, pode constituir importante subsídio na avaliação das potencialidades de uma planta de cobertura na recuperação de áreas estruturalmente degradadas (COSTA; PACIOMIK; ABREU, 2000).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivos gerais**

Com o intuito de gerar tecnologia que vise à recuperação do solo e o uso adequado de espécies vegetais, este trabalho teve como objetivo avaliar o tipo de germinação (epígeo e hipógeo) e o vigor da semente na capacidade de emergência de diversas espécies vegetais em um solo submetido a diferentes densidades (compactado). Além disso, estas espécies foram semeadas em área degradada com o objetivo de avaliar o seu desempenho e a interferência na melhoria de atributos do solo.

### **2.2. Objetivos específicos**

Determinar a densidade do solo.

Avaliar os teores de fósforo, potássio, magnésio, matéria orgânica, cálcio, soma de bases, capacidade de troca catiônica, saturação por bases e o pH, além da acidez potencial (hidrogênio + alumínio) a pH 7,0.

Avaliar a altura das plantas e a produção de massa seca da parte aérea de diversas espécies vegetais (guandu anão, guandu arbóreo, crotalária, feijão de porco, brachiaria, mucuna preta, milho e sorgo forrageiro, consorciadas ou não com brachiaria).

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Área degradada**

Em termos gerais, qualquer alteração causada pelo homem no ambiente gera, em última análise, algum tipo de degradação ambiental. As definições de área degradada variam muito de acordo com o referencial.

Neves e Tostes (1992) definem o termo degradar como deteriorar, estragar, sendo o processo de transformação do meio ambiente que leva à perda de suas características positivas e até à sua extinção.

Já Sánchez (2001) define degradação do solo, como um termo mais amplo “(i) perda de matéria devido à erosão ou a movimentos de massa, (ii) acúmulo de matéria alóctone (de fora do local) recobrando o solo, (iii) alteração negativa de suas propriedades físicas, tais como sua estrutura ou grau de compactidade, (iv) alteração das características químicas, (v) morte ou alteração das comunidades de organismos vivos do solo”.

Segundo Carpanezzi et al. (1990), um ecossistema degradado é aquele que após distúrbios, teve eliminados, com a vegetação, os seus meios de regeneração biótica. Que seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser bastante lento. Portanto, nesse caso, a ação antrópica é necessária para a sua regeneração em curto prazo.

A avaliação da extensão de áreas degradadas é um processo complexo, sendo nas atividades que causam distúrbios, como a mineração e as áreas de empréstimo para a construção de barragens e aterros, a caracterização óbvia, mas em áreas em que a degradação ocorre de forma lenta e gradual, como nas atividades agrícolas, a caracterização é mais difícil (DIAS; GRIFFITH, 1998).

#### **3.2. Adubos verdes na recuperação de áreas degradadas**

Segundo Ferreira et al. (2007), há vários desafios que precisam ser enfrentados para a recuperação de áreas degradadas. Um dos mais importantes é a adoção de técnicas de revegetação eficazes e adequadas ao local a ser recuperado.

No processo para a recuperação de uma área degradada, a adição de matéria orgânica é fundamental, sendo o uso de adubos verdes uma das formas mais viáveis. Além disso, os adubos verdes são responsáveis pela cobertura do solo, ciclagem de nutrientes e enriquecimento da superfície do solo com matéria orgânica rica em nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e outros (MIYASAKA; CAMARGO; CAVALERI, 1984).

Para Silva et al. (1985), a adubação verde com leguminosas proporciona economia de fertilizantes e maior rendimento por área, e que o uso de *Crotalaria juncea* promove a descompactação, além do aumento de colônias de microorganismos, por meio de simbiose, principalmente com bactérias fixadoras de nitrogênio. Os efeitos promovidos pela adubação verde, nas propriedades químicas do solo, são bastante variáveis, dependendo da espécie utilizada, do manejo dado à biomassa, da época de semeadura, do corte do adubo verde, do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e da interação entre estes fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

O uso de adubos verdes como medida de recuperação dos impactos ambientais é uma opção coerente, prática e econômica, embora apresente dificuldades de adaptação inerentes ao novo sistema ecológico que se desenvolve no local de origem (NEVES; TIENNE; VALCARCEL, 2001).

Várias fontes de material orgânico têm sido utilizadas com o objetivo de melhorar as propriedades do solo. Num solo degradado o uso de leguminosas contribuíram para a diminuição da acidez do solo, elevando o pH no perfil e os teores de potássio (K) e magnésio (Mg). Aguiar et al., (2000) afirmam também que outra alternativa que pode acelerar a recuperação das áreas degradadas é a utilização de espécies nativas do local, junto com espécies que acelerem o equilíbrio químico e físico do solo, sendo de grande relevância para o reequilíbrio do ecossistema os adubos verdes, que são importantes na cobertura inicial do solo.

### **3.3. Adubos verdes utilizados na recuperação de áreas degradadas**

#### **3.3.1. Brachiaria**

Originária do leste da África, as brachiarias ocupam grandes áreas do território brasileiro. Os gêneros contêm mais de 100 espécies distribuídas principalmente nos

trópicos (VALLE; MILLES, 1994). A *Brachiaria brizantha* é uma espécie cosmopolita, originária da África e apresenta grande diversidade de tipos. Descrita como planta perene, cespitosa, muito robusta, lâminas foliares linear-lanceoladas, com colmos iniciais prostados, mas produzindo perfilhos predominantemente eretos (SOARES FILHO, 1994).

Em 1984 foi lançada a cultivar Marandu como uma alternativa para a diversificação das espécies forrageiras utilizadas na pecuária (NUNES; BOOK; PENTEADO, 1984). Com substituição das pastagens nativas por pastagens cultivadas e o aparecimento de cigarrinhas das pastagens, a *B. brizantha* tornou-se a espécie de forrageira considerada ideal para a exploração pecuária nos Cerrados.

O capim-marandu é um dos cultivares mais utilizado nas áreas de pastagens da pecuária no Brasil Central, função das suas características, como tolerância à restrição da fertilidade do solo, resistência a cigarrinhas das pastagens e elevada produtividade quando adubada e bem manejada (ANDRADE; VALENTIM, 2007). Estima-se que 50-60% das áreas de pastagens cultivadas estejam ocupadas com essa gramínea, na região Centro-Oeste (MACEDO, 2005). E na região Norte, estima-se aproximadamente 65% de áreas ocupadas (DIAS FILHO; ANDRADE, 2005).

### 3.3.2. Crotalária juncea

O nome se refere ao som de chocalho das vagens secas, semelhantes ao da cascavel (*Crotalus sp.*). São mais de 600 espécies conhecidas, muitas são herbáceas, anuais ou perenes, havendo espécies arbustivas. As flores são geralmente amarelas, as vezes com estrias vermelhas. Estão bem distribuídas nas regiões tropicais e no Brasil, ocorrem naturalmente em beira de estradas (FLORES, 2004).

A *Crotalaria juncea* L. é originária da Índia, com boa adaptação as regiões tropicais. São plantas arbustivas de crescimento ereto e determinado, produzem celulose e fibras de excelente qualidade, para fins de indústria de papel e outros. A cultura recomendada para adubação verde, intercaladas a perenes, na reforma de canalial ou em rotação em culturas graníferas, é uma das espécies leguminosas de rápido crescimento inicial, atingindo, em estação normal de crescimento, de 3,0 a 3,5 m de altura. É considerada má hospedeira de nematoides formadores de galhas e cistos (BRAGA, 1995).

São plantas rústicas que crescem bem em solos secos, arenosos e cascalhentos. A época de plantio é de outubro a março, até abril em regiões de temperatura elevadas. Com espaçamento em plantio convencional, para adubação verde e produção de sementes de 25 a 30 cm entre linhas e 25 a 40 sementes por metro linear de sulco. Já em sementeiras tardias, recomendam-se menores espaçamentos, podendo ser em sulco ou a lanço.

Para a adubação verde pode-se efetuar o corte das plantas, seguido ou não de incorporação da fitomassa produzida no florescimento e no início do surgimento das primeiras vagens, normalmente aos 120 dias após a sementeira para *C. juncea* e *C. spectabilis* e, aos 180 dias, para *C. paulina*. A produtividade em plantio convencional é de 10 a 15 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca e 500 a 1 000 kg ha<sup>-1</sup> de sementes para *C. juncea*. Recomenda-se o consórcio com café, citros, cana de açúcar, maracujá ou rotação de cultura anual (BRAGA, 1995).

Os principais usos das crotalárias é na adubação verde e cobertura do solo por serem plantas pouco exigentes e com grande potencial de fixação biológica de nitrogênio. A *C. juncea* é a espécie de crescimento mais rápido e tem sido muito usada como adubo verde em rotação com diversas culturas e enriquecimento do solo. Também, pode ser utilizada para produção de fibras. *C. juncea* produz fibras tão boa quanto a da juta, sendo usada na confecção de cordas, sacos, tapetes e cestas. São eficientes no controle de nematoides. O ciclo vai de 120 a 150 dias dependendo da espécie e da sua utilização (semente ou biomassa).

### **3.3.3. Feijão-de-Porco**

O feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) é uma leguminosa que pode ser utilizada como adubação verde e apresenta simbiose com bactérias da família *Rhizobiaceae*, denominada rizóbio.

É uma planta de clima tropical, da família *Fabaceae*. Sua associação com bactérias fixadoras de nitrogênio ocorre naturalmente, resultando na formação de nódulos radiculares (LORENZI, 1995).

Ela é uma planta de porte ereto, anual, tem bom desenvolvimento em solos ácidos. Apresentam folhas grandes fornecendo boa cobertura. É comestível, onde as folhas podem ser usadas como verduras, e as sementes cozidas como feijão, porém, devem passar por tratamento prévio para eliminação de várias toxinas que

possuem. Entre estas está um aminoácido que destrói células intestinais, diminuindo a absorção de alimentos, e um hemoaglutinante que é utilizado em laboratórios clínicos. Ela também possui um neurotóxico, mas que é destruído na ingestão (LORENZI, 1995).

Do feijão-de-porco pode-se extrair princípios ativos que agem como inseticidas e herbicidas, já que a planta apresenta alelopatia, e fungicidas. A Radiobrás anunciou a descoberta nessa planta de uma proteína semelhante à insulina (LORENZI, 1995).

A espécie possui ampla adaptação as condições de luz difusa, possibilitando sombreamento parcial pela cultura e rápido crescimento inicial (ALVARENGA; COSTA; MOURA FILHO, 1995), o que dificulta o estabelecimento de espécies invasoras pelo sombreamento.

#### **3.3.4. Guandu anão**

Devido a sua rusticidade e valor nutritivo recebeu o nome de ARATÃ, “semente forte” em língua tupi. Foi obtida de ciclos de seleção massal em população anã precoce proveniente da Colômbia e introduzida no Brasil através do Centro Nacional de Pesquisa em Arroz e Feijão, da EMBRAPA. Esta cultivar IAPAR 43-Aratã tem ciclo curto, permitindo os agricultores ter um aproveitamento de solos de baixa fertilidade, no período de safrinha, para produção de grãos de alto valor nutritivo, que vem sendo utilizado para alimentação de aves domésticas. Na alimentação humana a cultivar apresenta características que equivale ao feijão comum, nas dietas usuais no nosso país.

É uma planta ereta com formato de taça, de crescimento determinado com altura de 1,0 a 1,5 m, com boa concentração de vagens no terço superior das plantas e as flores de coloração amarelo-pálida. As vagens são eretas, curtas e estreitas, com três a cinco sementes arredondadas, castanhas e peso médio de 7,0 g para 100 sementes. Seu ciclo é de aproximadamente 140 a 180 dias para os plantios em outubro a dezembro respectivamente e a produção média de grãos, observada no Paraná, variou de 1000 a 2000 kg ha<sup>-1</sup> (IAPAR, 1995).

### 3.3.5. Guandu arbóreo fava larga

A cultivar IAC Fava Larga possui plantas eretas, crescimento determinado, folíolos largos, haste verde tingida por antocianina, flores amarelas com dorso do estandarte levemente radiado de vermelho, vagens largas, curvas, verdes com manchas marrons na sutura das valvas e nos septos entre sementes, quando imaturas, passando a cor de palha quando secas. As vagens contêm de 5 a 6 sementes, apresentam tegumento de coloração bege pintalgado de marrom com hilo claro e peso médio de 16 g para 100 sementes. Em semeadura realizada no mês de fevereiro, as plantas apresentam altura entre 1,80 a 2,00 m no florescimento e ciclo de 225 a 230 dias da semeadura até a primeira colheita de grãos, já semeaduras realizadas em outubro as plantas apresentam altura de 3,50 m e ciclo de 280 dias.

A produtividade média de sementes observada no Centro Experimental de Campinas, para semeadura em fevereiro, foi de 1683 kg ha<sup>-1</sup> na primeira colheita, sendo muito significativo, considerando sua contribuição de grãos, verdes ou secos, para alimentação humana, e o aumento do potencial de produção de sementes no Estado de São Paulo. A cultivar pode ser utilizada como adubo verde, contribuindo para cobertura do solo e para restauração e manutenção da sua capacidade produtiva, e como planta forrageira (IAC, 1989).

### 3.3.6. Milheto

A espécie mais cultivada no Brasil é o *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., que por suas características agrônômicas de alta resistência à seca, adaptação a solos de baixa fertilidade, crescimento rápido e boa produção de massa e de grãos, tem se mostrado como uma das melhores opções de cobertura de solos em áreas de plantio direto no Brasil Central (MARTINS NETTO, 1998) e de grãos para o Nordeste, Centro-Oeste e Sul do Brasil.

O milheto é uma cultura produtiva de alta qualidade de grãos ou silagem e apresenta-se superior ao sorgo em estabelecimento e produção sob condições de estresse hídrico (SMITH; HOVELAND; HANNA, 1989; WITT; EASTIN, 1995).

Pode ser cultivado em áreas tropicais áridas e semi-áridas, caracterizada por estação de crescimento com altas temperaturas, baixa precipitação pluvial e solos rasos ou arenosos.

Tem apresentado desenvolvimento adequado por possuir sistema radicular que pode alcançar 3,60 m de profundidade (SKERMAN; RIVEIROS, 1992) e elevada eficiência na transformação de água em matéria seca. O gênero *Pennisetum* abriga mais de 140 espécies (BRUNKEN, 1977) dividido em cinco seções: *Gymnothrix*, *Eupennisetum*, *Penicillaria*, *Heterostachya* e *Brevivalvula*.

É uma gramínea anual robusta, com altura variando de 1,5 a 3,0 m, podendo chegar a mais de 5 m. Os descritores botânicos da planta de milheto podem ser pesquisados em IBPGR (1993) e estão resumidos em colmos, folhas, raízes, panículas, inflorescências e grãos.

### **3.3.7. Mucuna preta**

A mucuna-preta (*Mucuna aterrima* (Pipper et Tracy) Holland) é uma leguminosa anual, de crescimento indeterminado, porte baixo, hábito rasteiro e com ramos trepadores vigorosos e bem desenvolvidos (TRANI; BULISANI; BRAGA, 1989; WUTKE, 1993). Cultivada para adubação verde, mas pode ser utilizada como alimentação animal como forrageira, em pastejo e na forma de silagem ou feno; seus grãos triturados constituem de suplemento proteico aos animais (CALEGARI, 1995).

Suas sementes apresentam dormência causada pela impermeabilidade do tegumento à água (BRASIL, 2009), ou seja, tem sementes duras, cuja proporção é elevada em sementes recém-colhidas (WUTKE, 1993), atingindo valores de 60 a 80% (MAEDA; LAGO, 1986a), mas que diminuem com o armazenamento (MAEDA; LAGO, 1986b). As sementes duras podem ocasionar transtornos para os agricultores, pois causam desuniformidade na germinação e dificuldade na obtenção de população de plantas adequada na implantação de cultura. Com o manejo inadequado na cultura, podem permanecer sementes no banco do solo, que germinam nas culturas como plantas invasoras.

### **3.3.8. Sorgo**

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), originário do centro da África e parte da Ásia, constitui atualmente uma alternativa para a alimentação humana e animal, por apresentar grãos ricos em carboidratos, proteínas, vitaminas, sais minerais, além de produzir plantas com elevado volume de biomassa verde. Essa planta é importante,

especialmente em regiões de baixa disponibilidade de água, por ter tolerância à seca e a altas temperaturas (CARVALHO et al., 2000).

Segundo Lira (1981), o sorgo chegou ao Brasil no século XVIII, com os escravos, embora se tenha tornado cultura comercial a partir de 1980, quando atingiu uma área plantada de 80.000 ha. Hoje, são plantados, no país, 314.000 ha; por ordem de importância, é o quinto cereal do mundo depois do trigo, do arroz, do milho e da cevada sendo um dos principais alimentos para milhões de habitantes das regiões semi-áridas da África, da Ásia e do Oriente Médio (FAO, 1995).

### **3.4. Tipos de germinação (epígea e hipógea)**

A classificação das plântulas, quanto ao tipo de germinação no sentido morfológico, varia segundo o critério utilizado pelos diferentes autores. Duke (1965) separou as plântulas em dois grupos de acordo com a permanência ou não dos cotilédones no interior dos tegumentos após a germinação; as criptocotiledonares (cotilédones liberados do tegumento seminal após a germinação) e as fanerocotiledonares (cotilédone ou parte dele permanece envolvido pelo tegumento). Já Ibarra-Manríquez (2001), Kitajima (2003) e Mourão; Domingues; Marzinek (2007) utilizaram três critérios de fácil observação durante a coleta de plântulas no campo: a exposição ou não dos cotilédones, o desenvolvimento do hipocótilo e a natureza dos cotilédones, e foram classificadas em quatro tipos: “epígeo-foliácea” (fanerocotiledonar – epígea - cotilédones foliáceos), “epígea-carnosa” (fanerocotiledonar – epígea - cotilédones carnosos), “hipógea” (criptocotiledonar - hipógea) e “Durio” (criptocotiledonar - epígea).

Os conhecimentos em relação ao tipo de germinação são essenciais para a tomada de decisões referentes ao sistema de preparo do solo e à profundidade de semeadura (MARCOS FILHO, 2005).

Pela germinação epígea, tipo que ocorre quase com exclusividade entre as dicotiledôneas e sendo a soja um exemplo, a parte aérea é posta fora do solo envolta nos cotilédones. Este mecanismo se baseia essencialmente num rápido e vigoroso crescimento inicial do eixo hipocótilo-radicular, ao passo que o epicótilo e as folhas primárias, no interior dos cotilédones, praticamente não crescem. A germinação hipógea ocorre em um número praticamente igual de espécies di e monocotiledôneas. Entre as monocotiledôneas, o grupo mais importante do ponto de vista econômico é

o das Poaceas. Neste grupo, a parte aérea é posta para fora do solo envolta por uma estrutura especial, tendo o formato tubular de uma bainha, constituída de um material membranoso, resistente, que recebe o nome de coleóptilo. O coleóptilo, com um formato anatomicamente adaptado para furar, rompe a camada de solo e sai à luz; a plúmula vem crescendo imediatamente depois, totalmente envolvida pelo coleóptilo, sem sofrer qualquer espécie de restrição mecânica. A plúmula sai ao ar livre através de uma abertura que se forma na extremidade do coleóptilo, o qual, após aflorar à superfície do solo, continua crescendo mais um pouco a fim de dar apoio ao crescimento inicial da parte aérea, muito frágil e quebradiça, no início. Já nas dicotiledôneas, em cujo grupo o guandu é um exemplo, a germinação hipogeal se caracteriza por taxas de crescimento semelhantes do epicótilo e do hipocótilo sendo que a plúmula fica dobrada e colada ao epicótilo e este cresce perfurando a camada de solo e ou detritos, arrastando as folhas primárias (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

### **3.5. Potencial fisiológico da semente (vigor)**

O potencial fisiológico ou vigor pode ser conceituado de várias formas, porém são relacionadas com a capacidade das sementes em estabelecer população de plantas no campo em uma ampla faixa de condições ambientais.

A International Seed Testing Association - ISTA (1981), cita ao vigor de sementes como “a soma daquelas propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e a emergência da plântula” e a Association of Official Seeds Analysts - AOSA (1983), referiu vigor de sementes como “aquelas propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme e para o desenvolvimento de plântulas normais sob uma ampla faixa de condições ambientais”.

De acordo com Isely (1957), “vigor é o resultado da conjunção de todos aqueles atributos da semente que permitem a obtenção do estande sob condições desfavoráveis de campo”. A redução do vigor afeta a germinação de três maneiras distintas: redução da velocidade da germinação, aumento da heterogeneidade de desenvolvimento das plântulas de uma amostra de sementes e aumenta a porcentagem de plântulas anormais, bem como o grau dessas anormalidades (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Raramente as condições que as sementes encontram no solo são ótimas, pois há microrganismos que podem afetá-las, apesar dos fatores físicos serem favoráveis. Desta forma, lotes de sementes da mesma cultivar, com taxa de germinação semelhantes, podem apresentar diferenças marcantes na porcentagem de emergência de plântulas em condições de campo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012) no qual denominamos como “vigor”.

O vigor das sementes pode influir não só no estabelecimento de uma população inicial no campo, como também sobre todo o ciclo da planta e sobre a produtividade (POPINIGIS, 1985), embora exista um consenso de que o efeito do potencial fisiológico das sementes sobre a produção final ocorra apenas quando houver redução no estande (TEKRONY; EGLI, 1991; MARCOS FILHO, 1999).

Portanto o nível de vigor das sementes interfere sobre o processo de germinação, quer retardando-o, quer provocando o aparecimento de plântulas anormais, quer impedindo a germinação. Considerando os efeitos do vigor sobre o desempenho germinativo do ponto de vista de uma população de sementes (como, por exemplo, quantidade quando se semeia em campo ou que constitui uma amostra testada em laboratório), a redução da velocidade de germinação, o aumento da heterogeneidade de desenvolvimento das plântulas e a redução na porcentagem final de germinação são os resultados mais evidentes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Sendo as condições ambientais desfavoráveis, um lote apresentando elevado vigor, poucas sementes deixam de germinar, porém, quando ocorre declínio no vigor, uma proporção mais elevada de sementes não é capaz de tolerar estresses (MARCOS FILHO, 2005).

### **3.6. Densidade do solo (compactação)**

Muita atenção e cuidado devem ser dados ao assunto, pois a compactação do solo agrícola é um conceito complexo e uma propriedade de difícil descrição e mensuração. Além do mais, ela está intimamente relacionada com propriedades físicas, químicas e biológicas que reconhecidamente são importantes ao desenvolvimento das plantas.

A compactação do solo determina, de certa maneira, as relações entre ar, água e temperatura que influenciam a germinação, a emergência das plântulas, o

crescimento radicular em praticamente, todas as fases do desenvolvimento (CAMARGO, 1983).

De acordo com Materechera et al. (1992), a compactação do solo pode promover o engrossamento das raízes em razão de mudanças morfológicas e fisiológicas do sistema radicular, específicas a cada espécie ou cultivar, a fim de se adaptarem.

A compactação aumenta a densidade do solo e a sua resistência mecânica (SILVA; LIBARDI; CAMARGO, 1986) e diminui a porosidade total, o tamanho e a continuidade dos poros (MORAES, 1984). Reduções significativas ocorrem principalmente no volume de macroporos, enquanto os microporos permanecem praticamente inalterados. A compactação excessiva pode limitar a adsorção e/ou absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento/crescimento do sistema radicular, resultando em decréscimo da produção, aumento da erosão e da potência necessária para o preparo do solo (GROHMANN; QUEIROZ NETO, 1966; OLIVEIRA; CURI; FREIRE, 1983).

A compactação tem sido motivo de preocupações e estudos, especialmente quando se trata em solos agrícolas. Derpsch et al. (1991); Tavares Filho, Tessier (1998) e De Maria, Nnabude; Castro (1999) citam que os diferentes sistemas de manejo do solo objetivam favorecer o crescimento e desenvolvimento das culturas; todavia o desrespeito às condições mais favoráveis ao preparo do solo, bem como uso excessivo de máquinas agrícolas, cada vez mais pesadas, pode levar a modificações na estrutura do solo causando maior compactação.

Como consequências da compactação estão as reduções da porosidade e da infiltração de água, e o aumento da resistência à penetração de raízes (KIRKEGAARD; SO; TROEDSON, 1993) afetando a morfologia e distribuição das raízes no solo. Bengough; Mullins (1991), Lijima et al. (1991) e Panayiotopoulos; Papadopoulou, Hatjioannidou (1994) citam que a compactação pode reduzir 60% do crescimento radicular de algumas espécies.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Interferência do tipo de germinação e da qualidade fisiológica da semente no estabelecimento inicial de plantas em solo compactado

Esta primeira etapa do experimento foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes e em casa de vegetação da Universidade Camilo Castelo Branco (UNICASTELO), localizado no município de Fernandópolis/SP, no período de novembro e dezembro de 2013.

O material utilizado foi adquirido nos seguintes locais: Sementes Piraí, Sementes Cosmorama e Departamento de Sementes e Mudas da CATI de Fernandópolis/SP (Figura 1).



**Figura 1.** Sementes que foram utilizadas no experimento.

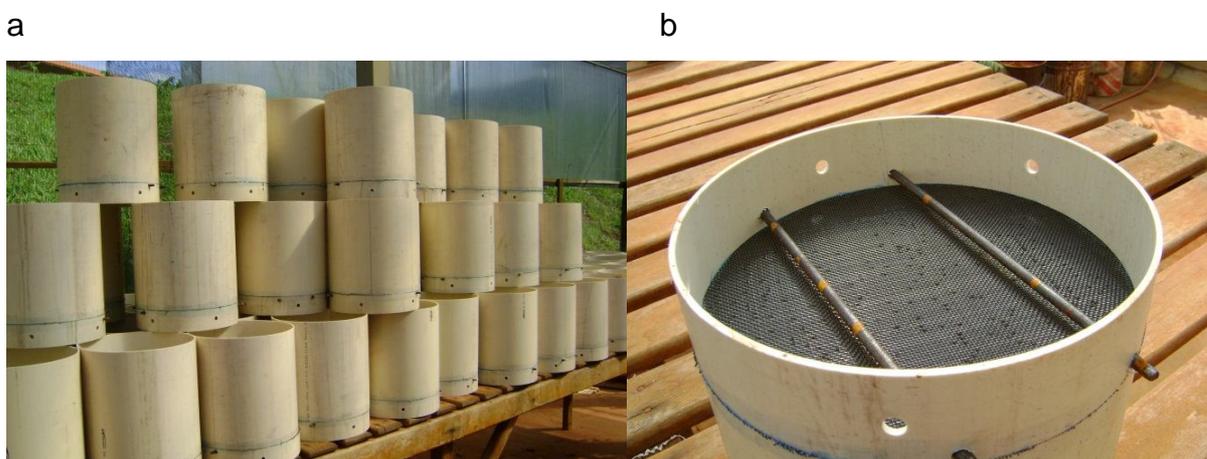
### 4.2. Espécies utilizadas no experimento

- 1- guandu arbóreo forrageiro cultivar IAC Fava-Larga – tipo de germinação hipógea
- 2- guandu anão cultivar IAPAR 43– tipo de germinação hipógea
- 3- crotalária juncea cultivar IAC-KR1 – tipo de germinação epígea
- 4- feijão de porco cultivar Comum– tipo de germinação epígea
- 5- brachiaria brizantha cultivar Marandu – tipo de germinação hipógea
- 6- sorgo forrageiro cultivar Catisorgo – tipo de germinação hipógea

### 4.3. Confeção dos Lisímetros

Para a condução do experimento foram confeccionados 144 lisímetros (vasos de dimensões definidas que permitem o escoamento do excesso de água) constituídos de tubos de PVC de 250 mm de diâmetro nominal (243 mm de diâmetro interno).

Para permitir o escoamento do excedente de água e circulação de ar foi fixada na parte inferior dos tubos um anel perfurado com 5 cm de altura e com cobertura de tela sombrite de 70% de sombreamento. Abaixo do sombrite foram instaladas barras de ferro para dar suporte e sustentação à massa de solo após a sua colocação nos lisímetros (Figura 2).



**Figura 2.** Lisímetros confeccionados para o experimento (a) com o detalhe da fixação do sombrite e das barras de ferro na parte inferior do mesmo.

### 4.4. Construção do Equipamento de Compactação

Um equipamento foi desenvolvido pelos pesquisadores e confeccionado nas oficinas da Unicastelo para proporcionar as variações de densidades do solo de acordo com os tratamentos.

O equipamento desenvolvido (compactador) é constituído de um êmbolo cilíndrico de concreto de dimensões 235 x 30 mm, afixado em seu centro por uma barra de ferro de 35 mm de diâmetro e com uma massa total de 5,34 kg (Figura 3). Também foi confeccionado um suporte de 60 cm de altura constituído de tubo de PVC, de mesmo diâmetro dos lisímetros, um centralizador de impacto de ferro e um anel de madeira que se encaixa na parte inferior do lisímetro. O centralizador de impacto tem a função de proporcionar os impactos sempre no mesmo local e da mesma altura de

queda livre e o anel de madeira, suportar a pressão do êmbolo evitando que o sombrite não se desprenda.

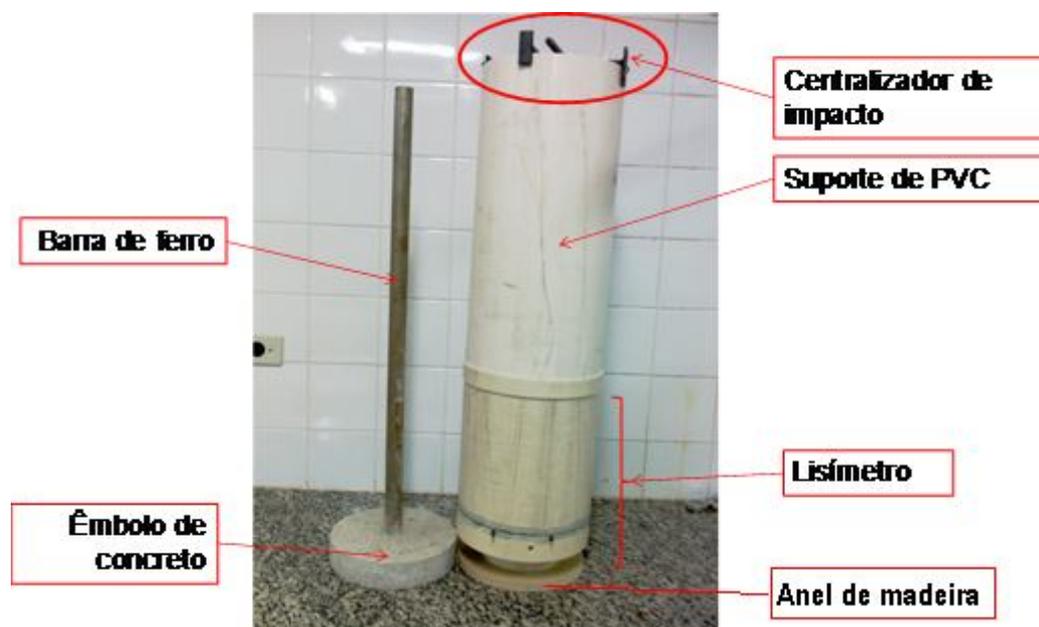


Figura 3. Detalhe do compactador desenvolvido para o experimento.

#### 4.5. Caracterização dos Lotes de Sementes

Inicialmente os lotes foram avaliados no Laboratório de Análise de Sementes da Unicastelo quanto ao peso de 1000 sementes e germinação de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

#### 4.6. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 2, sendo os tratamentos principais as diferentes densidades do solo (1,50, 1,75 e 1,85 g cm<sup>-3</sup>) e os tratamentos secundários os níveis de vigor (alto e médio), avaliados para seis espécies vegetais (crotalária, guandu forrageiro, guandu anão, feijão de porco, brachiaria e sorgo forrageiro) com diferentes formas de germinação (epígea, hipógea para dicotiledôneas e monocotiledôneas). Para cada espécie vegetal foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes semeadas nos lisímetros.

#### 4.7. Coleta e Amostragem do Solo

O solo (classificado como Argissolo) utilizado como substrato neste trabalho foi coletado na área experimental da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Unicastelo - Fernandópolis. Para o preenchimento de todos os lisímetros foi coletada e peneirada, aproximadamente, 4 m<sup>3</sup> de solo de subsuperfície.

Em seguida uma amostra de solo foi enviada ao laboratório de solos da UNESP - Ilha Solteira para a análise física (textura) e os resultados estão apresentados na Tabela 1. De acordo com o Triângulo Textural de Santos et al. (2005), o solo pertence a classe textural franco arenoso

**Tabela 1. Resultado da análise textural do solo.**

Argila	Areia	Silte
	g kg <sup>-1</sup>	
140	793	67

Fonte: Laboratório de Fertilidade e Física do solo da UNESP - Ilha Solteira/SP

#### 4.8. Potencial fisiológico (vigor)

Visando avaliar a interferência do vigor da semente no momento da emergência em um solo compactado (com diferentes densidades), as sementes foram submetidas ao envelhecimento de forma a obter dois lotes de sementes de cada espécie/cultivar com desempenho fisiológico distinto. Para tanto, utilizou-se caixas tipo gerbox adaptado com tela, onde as sementes foram depositadas. No fundo da caixa foram colocados 40 mL de água e as sementes permaneceram em um BOD regulado a 41°C por 72 h para o guandu anão e arbóreo, feijão de porco e brachiaria, por 48 horas para a crotalaria e por 96 horas para o sorgo.

#### 4.9. Densidade do solo (compactação)

O solo da camada arável (0-20 cm) inicialmente foi seco ao ar, peneirado e, em seguida, foi determinada a umidade atual e na capacidade de campo.

Os níveis de densidades 1,50, 1,75 e 1,85 g cm<sup>-3</sup> foram obtidos colocando-se camadas sucessivas de solo de aproximadamente 3 cm de espessura, sobre as quais

se exerceu pressão suficiente por meio do êmbolo que foi desenvolvido e descrito anteriormente.

Após a realização dos cálculos para a determinação da quantidade de água a ser adicionada a fim de alcançar 60% da capacidade de retenção do solo, os lisímetros foram umedecidos e perfurados com um equipamento de forma a atingir a profundidade de semeadura desejada (próximo a 3 cm) (Figura 4).



**Figura 4.** Vasos compactados, umedecidos e perfurados para posterior semeadura.

#### 4.10. Instalação

Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com fungicida Metalaxil-M + Fludioxonil (Maxim XL) na dose de 1 mL do produto comercial por quilo de sementes e o experimento foi conduzido por 15 dias anotando-se diariamente a temperatura e a umidade relativa do ar máxima e mínima, além do número de plântulas emergidas.

A semeadura foi realizada no dia 3/12/2013 e os vasos foram irrigados em dias alternados de modo a repor a quantidade de água evapotranspirada (Figura 5).



**Figura 5.** Vasos prontos e semeados.

#### 4.11. Análises realizadas

- Porcentagem de emergência - determinada após 15 dias da sementeira por meio de contagem direta das plantas em cada vaso e transformação dos dados em porcentagem,

- Primeira contagem da emergência - determinada após 6 dias da sementeira por meio de contagem direta das plantas em cada vaso e transformação dos dados em porcentagem.

- Índice de velocidade de emergência - realizado baseado no teste de emergência segundo a fórmula  $IVE = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \frac{G3}{N3} + \dots + \frac{G4}{N4}$  proposta por Maguire (1962) em que IVE é o índice de velocidade de emergência, G1, G2, G3 o número de plântulas emergidas, computadas na primeira, segunda até a última contagem; N1, N2, N3 o número de dias da sementeira à primeira, segunda até a última contagem. As determinações foram realizadas diariamente até os 15 dias após a sementeira.

- Altura de plantas – após 15 dias da sementeira, as plantas foram mensuradas a partir do nível do substrato até o final da inserção da maior folha com o auxílio de uma régua. A média foi determinada dividindo-se a soma de todas as plantas de cada vaso por 25.

- Peso da matéria fresca e seca da parte aérea – após 15 dias da sementeira, todas as plantas de cada vaso foram cortadas rente ao substrato e pesadas em balança de precisão de 0,01g para a obtenção do peso da matéria fresca, em seguida foram secas em estufa por 72 h a 65°C, quando foram novamente pesadas para determinação do peso da matéria seca. A média foi determinada dividindo-se a soma de todas as massas da parte aérea de cada parcela por 25.

- Peso da matéria fresca e seca do sistema radicular – os sistemas radiculares das plantas de cada vaso foram retirados com o auxílio de uma peneira e jatos de água. A média foi determinada dividindo-se a soma de todas as massas do sistema radicular de cada parcela por 25.

- Densidade do solo – após 15 dias da sementeira, o solo foi retirado de cada vaso com o auxílio de anéis volumétricos. Os anéis com o solo foram pesados em balança de precisão e encaminhados a uma estufa por um período de 24 horas a 105°C para obtenção do peso seco, realizando-se em seguida o cálculo da densidade

pela fórmula  $D = \frac{m}{V}$ , onde D é a densidade, m a massa seca do solo e V o volume do anel.

#### **4.12. Forma e análise dos resultados**

Para cada espécie, os dados obtidos foram submetidos à análise da variância empregando-se o teste F e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de probabilidade. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR para a análise dos dados conforme descrito por Ferreira (2003).

#### **4.13. Espécies vegetais em área degradada e sua relação com os atributos físico e químico do solo**

Esta segunda etapa foi realizada em uma área degradada decorrente da retirada de terra para a terraplenagem (área de empréstimo) pertencente à Unicastelo em Fernandópolis/SP (Figura 6).

Em 10/12/2013 foi realizada a calagem da área baseada na caracterização química do solo utilizando-se 3 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico e de forma a elevar a saturação por bases a 70%.

No dia 27/02/2014 a área foi roçada mecanicamente e o experimento foi semeado no dia 28/02/2014 em um delineamento de blocos casualizados com parcelas de 9 m<sup>2</sup> (3 m x 3 m) com quatro repetições, sendo os blocos afastados 0,5 m entre si.



**Figura 6.** Área do experimento sendo roçada.

A área foi sulcada manualmente (Figura 7) de acordo com o espaçamento recomendado para cada espécie, já a brachiaria foi semeada a lanço. Ou seja, para guandu fava-larga e anão, crotalaria, mucuna preta, feijão de porco e sorgo forrageiro foi utilizado o espaçamento de 0,5 m e para o milho, 0,25 m. As densidades de plantas foram: para guandu fava-larga e anão de 20 plantas  $m^{-1}$ ; para crotalaria de 25  $pl\ m^{-1}$ ; para mucuna preta de 4  $pl\ m^{-1}$ ; para feijão de porco de 5  $pl\ m^{-1}$ ; para milho de 55  $pl\ m^{-1}$ ; para sorgo forrageiro de 8  $pl\ m^{-1}$  e para brachiaria 11  $kg\ ha^{-1}$  para um lote de semente de VC = 36% (Figura 8).



**Figura 7.** Área do experimento sendo sulcada.



**Figura 8.** Área do experimento sendo semeada.

Os tratamentos consistiram da semeadura isolada de todas as espécies, além do consórcio das fabáceas com a brachiaria e uma testemunha sem vegetação, totalizando 14 tratamentos, sendo eles:

- T1- testemunha (vegetação espontânea),
- T2- guandu arbóreo fava-larga,
- T3- guandu anão,
- T4- crotalária,
- T5- mucuna preta cultivar comum,
- T6- feijão de porco,
- T7- milho cultivar BRS-1501,
- T8- brachiaria,
- T9- sorgo forrageiro,
- T10- guandu arbóreo+brachiaria,
- T11- guandu anão+brachiaria,
- T12- crotalária+brachiaria,
- T13- mucuna preta+brachiaria e
- T14- feijão de porco+brachiaria.

Durante todo o período do experimento, a temperatura máxima, mínima e média, além da precipitação foram monitoradas.

A área não foi irrigada, não havendo também controle de plantas daninhas, pragas e doenças.

As seguintes avaliações foram efetuadas:

- Altura de plantas – aos 120 dias após a semeadura, cinco plantas de cada parcela, além das plantas daninhas na testemunha, foram mensuradas a partir do nível do substrato até o final da inserção da maior folha com o auxílio de uma régua. A média foi determinada dividindo-se a soma das alturas de plantas por 5.
- Peso da matéria seca da parte aérea – aos 145 dias após a semeadura, as plantas de 1 m<sup>2</sup> de cada parcela foram cortadas rente ao solo e secas em estufa com circulação de ar por 72 h a 65°C e então pesadas em balança de precisão de 0,01g para a obtenção do peso da matéria seca.
- Densidade do solo aos 145 dias após a semeadura nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm
- Características químicas do solo aos 145 dias após a semeadura - análise de matéria orgânica (MO g dm<sup>-3</sup>); fósforo resina (P mg dm<sup>-3</sup>); pH (CaCl<sub>2</sub>); potássio (K mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); Cálcio (Ca mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); magnésio (Mg mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); acidez potencial (H+Al mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); soma de bases (SB mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); capacidade de troca catiônica (C.T.C mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e saturação por bases (V% %).

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância empregando-se o teste F e as médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foi utilizado o programa estatístico SISVAR para a análise dos dados conforme descrito por Ferreira (2003).

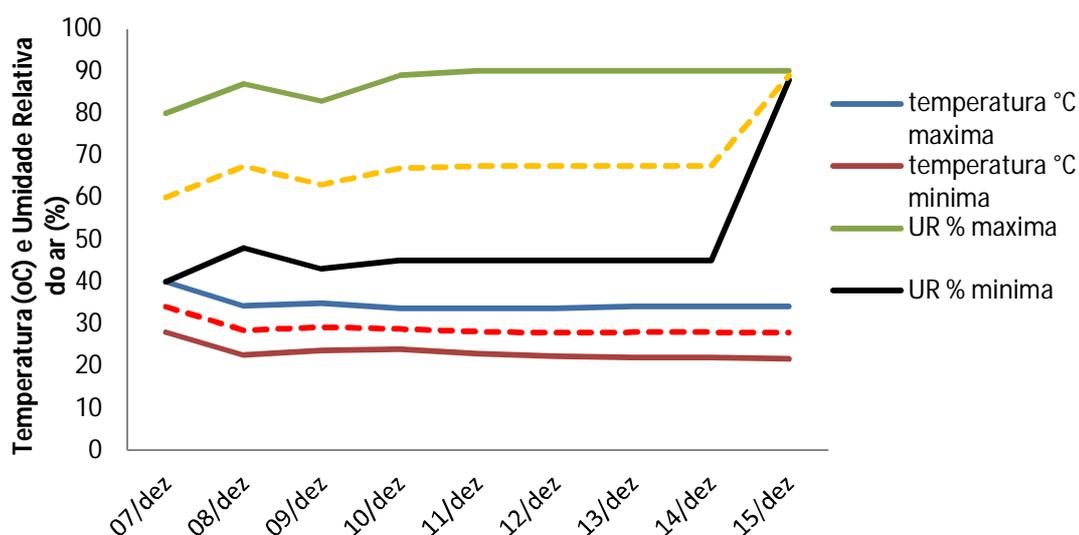
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Interferência do tipo de germinação e da qualidade fisiológica da semente no estabelecimento inicial de plantas em solo compactado

O peso de 1000 sementes para as diferentes espécies foram: guandu-anão - 72,1 g, guandu fava-larga - 121,4 g, feijão de porco - 1348,4 g, mucuna preta - 741,7 g, crotalária - 46,1 g, sorgo - 22,8 g, milho - 4,82 g e brachiaria - 9,7 g.

Quanto à germinação inicial das sementes os valores foram: guandu-anão - 91%, guandu fava-larga - 81%, feijão de porco - 90%, mucuna preta - 61%, crotalária - 82%, sorgo - 85%, milho - 83% e brachiaria - 61%.

Durante todo o período do experimento, a temperatura esteve elevada, com média de 28,9 °C e umidade relativa do ar média de 68,5%. Na Figura 9 encontram-se os valores diários.



**Figura 9.** Valores diários de temperatura e Umidade Relativa do ar durante o período do experimento. Fernandópolis, 2013.

Para o guandu-anão, o fator densidade interferiu nas variáveis IVE, massa úmida e seca da parte aérea e na massa úmida e seca da raiz. O vigor interferiu na emergência de todas as variáveis, com exceção da primeira contagem da emergência e massa seca da raiz. Por sua vez, houve interação dos fatores D x V para as variáveis massas úmida e seca da parte aérea e massa úmida e seca da raiz (Tabela 2).

A emergência apresentou diferenças significativas de acordo com o vigor da semente, o que já era esperado. Sementes que não sofreram envelhecimento apresentaram maiores valores, o que também ocorreu para a altura das plantas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de guandu anão de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013.

Fator de variação	PC %	E %	IVE	Alt cm pl <sup>-1</sup>	MUPA g pl <sup>-1</sup>	MSPA g pl <sup>-1</sup>	MURg pl <sup>-1</sup>	MSR g pl <sup>-1</sup>
<b>Densidade</b>								
1,50 g cm <sup>-3</sup>	83	88	5,09a	11	0,44b	0,292c	0,21b	0,03b
1,75 g cm <sup>-3</sup>	81	89	5,02a	12	0,50a	0,32a	0,30a	0,07a
1,85 g cm <sup>-3</sup>	71	77	4,25b	10,6	0,44b	0,298b	0,34a	0,07a
<b>Vigor</b>								
Alto	83	91a	5,13a	11,86a	0,5a	0,31a	0,31a	0,06
Médio	73	78b	4,45b	9,9b	0,44b	0,30b	0,26b	0,05
<b>Valores F</b>								
Densidade D	2,40ns	2,52ns	3,62*	0,19ns	13,24**	85,3**	20**	23**
Vigor (V)	4,21ns	7,47*	5,88*	8,21*	8,7**	15,7**	9**	2,4ns
D x V	3,32ns	2,67ns	3,68*	1,12ns	4,60*	4,6*	5*	4*
<b>Média</b>	78	85	4,79	10,88	0,45	0,30	0,3	0,06
<b>C.V. (%)</b>	15,31	13,79	14,40	15,48	5,54	1,80	15	20,55

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns= não significativo; \*=significativo a 5% de probabilidade; \*\*=significativo a 1% de probabilidade.

A interação dos fatores D x V para o IVE (Tabela 3) não mostrou diferenças na velocidade de emergência nas diversas densidades avaliadas quando a semente possuía alto vigor, já para sementes de médio vigor, a densidade interferiu, havendo menor IVE na maior densidade (1,85 g cm<sup>-3</sup>).

**Tabela 3.** Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para o índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de guandu-anão. Fernandópolis, 2013.

IVE Densidade g cm <sup>-3</sup>	Vigor	
	Alto	Médio
1,50	4,99 aA	5,18 aA
1,75	5,30 aA	4,73 aA
1,85	5,09 aA	3,42 bB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

A interação dos fatores D x V para a massa úmida da parte aérea (MUPA) (Tabela 4) e massa seca da parte aérea (MSPA) (Tabela 5) apresentou diferenças nos valores de massa da parte aérea nas diversas densidades em sementes de alto e médio vigor. Na densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>, para os dois níveis de vigor, ocorreram as

maiores massas. Provavelmente, nesta densidade as plantas se estabeleceram de forma mais adequada o que garantiu um maior desenvolvimento. Já o vigor apresentou interferência apenas na densidade de 1,85 g cm<sup>-3</sup>, onde as plantas originadas de sementes de médio vigor mostraram menor massa úmida e seca da parte aérea.

**Tabela 4.** Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa úmida da parte aérea de plantas de guandu-anão. Fernandópolis, 2013.

MUPA (g pl <sup>-1</sup> ) Densidade g cm <sup>-3</sup>	Vigor	
	Alto	Médio
1,50	0,43cA	0,44bA
1,75	0,51aA	0,48aA
1,85	0,47bA	0,40cB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

**Tabela 5.** Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa seca da parte aérea de plantas de guandu-anão. Fernandópolis, 2013.

MSPA (g pl <sup>-1</sup> ) Densidade g cm <sup>-3</sup>	Vigor	
	Alto	Médio
1,50	0,25cA	0,29bA
1,75	0,33aA	0,32aA
1,85	0,31bA	0,29bB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A interação dos fatores D x V para a massa úmida da raiz (MUR) (Tabela 6) e massa seca da raiz (MSPA) (Tabela 7) apresentou diferenças na massa nas diversas densidades em sementes de alto e médio vigor. De forma geral, como ocorrido para a massa da parte aérea, na densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>, para os dois níveis de vigor, ocorreram as maiores massas. Já o vigor apresentou interferência apenas na densidade de 1,85 g cm<sup>-3</sup>, onde as plantas originadas de sementes de médio vigor mostraram menor massa úmida e seca de raiz.

**Tabela 6.** Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa úmida da raiz de plantas de guandu-anão. Fernandópolis, 2013.

MUR (g pl <sup>-1</sup> ) Densidade g cm <sup>-3</sup>	Vigor	
	Alto	Médio
1,50	0,21cA	0,20bA
1,75	0,31bA	0,29aA
1,85	0,40aA	0,27aB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

**Tabela 7.** Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa seca da raiz de plantas de guandu-anão. Fernandópolis, 2013.

MSR (g pl <sup>-1</sup> ) Densidade g cm <sup>-3</sup>	Vigor	
	Alto	Médio
1,50	0,03bA	0,04bA
1,75	0,07aA	0,07aA
1,85	0,08aA	0,05aB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O guandu-anão é uma dicotiledônea com germinação hipógea e os dados indicam haver interferência do vigor da semente quando a densidade do solo é alta. Por sua vez, houve melhor desenvolvimento das plantas quando as sementes germinaram em substrato com densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>.

Para o guandu fava-larga, o fator densidade interferiu nas variáveis massa úmida e seca da parte aérea e massa úmida e seca da raiz. O vigor interferiu na massa seca da raiz, não havendo interferência da interação dos fatores D x V para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 8).

De maneira geral, na densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>, as plantas mostraram maior massa úmida e seca da parte aérea e da raiz, não ocorrendo, porém, interferência da densidade na velocidade e emergência das sementes (Tabela 8).

Quanto ao vigor, apenas a variável massa seca da raiz apresentou um resultado significativamente superior quando as sementes possuíam vigor alto (Tabela 8).

O guandu fava-larga é uma dicotiledônea com germinação hipógea e os dados indicam haver pouca interferência do vigor da semente nas diferentes densidades do solo. Por sua vez, houve melhor desenvolvimento das plantas quando as sementes germinaram em substrato com densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>.

Para o sorgo forrageiro, o fator densidade interferiu nas variáveis massa seca da parte aérea e massa úmida e seca da raiz. O vigor interferiu em todas as variáveis, com exceção de massa úmida da parte aérea e massa úmida e seca da raiz, havendo ainda interferência da interação dos fatores D x V para as variáveis massa seca da parte aérea e massa úmida e seca da raiz (Tabela 9).

De maneira geral, na densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>, as plantas mostraram maior massa úmida e seca da parte aérea e da raiz, não ocorrendo, porém, interferência da densidade na velocidade e emergência das sementes (Tabela 9).

**Tabela 8.** Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de guandu fava-larga de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013.

Fator de variação	PC %	E %	IVE	Alt cm pl <sup>-1</sup>	MUPA g pl <sup>-1</sup>	MSPA g pl <sup>-1</sup>	MUR g pl <sup>-1</sup>	MSR g pl <sup>-1</sup>
<b>Densidade</b>								
1,50 g cm <sup>-3</sup>	78	82	4,6	11,1	0,54a	0,30b	0,30b	0,04b
1,75 g cm <sup>-3</sup>	72	77	4,3	10,4	0,55a	0,34a	0,42a	0,09a
1,85 g cm <sup>-3</sup>	65	73	4a	10	0,48b	0,30b	0,40a	0,08a
<b>Vigor</b>								
Alto	71	80	4,21	10,9	0,54	0,31	0,38	0,08a
Médio	71	75	4,27	10	0,51	0,31	0,37	0,07b
<b>Valores F</b>								
Densidade D	1,7ns	1ns	2,3ns	0,77ns	5,1*	97,37**	22,7**	43,6**
Vigor (V)	0,003ns	0,8ns	0,03ns	1,24ns	2,27ns	1,70ns	0,29ns	6,19*
D x V	0,8ns	1ns	0,65ns	0,43ns	0,64ns	1,91ns	0,69ns	1,18ns
<b>Média</b>	71,2	77,1	4,24	10,4	0,53	0,31	0,37	0,07
<b>C.V. (%)</b>	20	18	19	19,5	8,27	2,10	10,06	15,05

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns= não significativo; \*=significativo a 5% de probabilidade; \*\*=significativo a 1% de probabilidade.

**Tabela 9.** Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de sorgo de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013.

Fator de variação	PC %	E %	IVE	Alt cm pl <sup>-1</sup>	MUPA g pl <sup>-1</sup>	MSPA g pl <sup>-1</sup>	MUR g pl <sup>-1</sup>	MSR g pl <sup>-1</sup>
<b>Densidade</b>								
1,50 g cm <sup>-3</sup>	66	69	4,0	2,7	0,34	0,28b	0,10b	0,05a
1,75 g cm <sup>-3</sup>	65	72	4,2	3,2	0,37	0,30a	0,16a	0,06a
1,85 g cm <sup>-3</sup>	55	64	3,5	3,4	0,30	0,28b	0,13b	0,03b
<b>Vigor</b>								
Alto	79a	83a	4,9a	3,7a	0,34	0,289a	0,14	0,05
Médio	45b	53b	3,0b	2,5b	0,34	0,286b	0,12	0,04
<b>Valores F</b>								
Densidade D	1,07ns	1,38ns	1,54ns	1ns	2,9ns	302,7**	6,1**	4,7*
Vigor (V)	27,7**	56,7**	35,43**	9,5**	0,11ns	10,01**	1,46ns	0,41ns
D x V	0,10ns	0,17ns	0,035ns	0,07ns	1,21ns	11,3**	3,6*	3,65*
<b>Média</b>	61,66	68,16	3,91	3,13	0,34	0,28	0,13	0,048
<b>C.V. (%)</b>	25,65	14,16	20,66	31,18	17,24	0,76	27,34	36,78

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns= não significativo; \*=significativo a 5% de probabilidade; \*\*=significativo a 1% de probabilidade.

A interação dos fatores D x V para massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de sorgo (Tabela 10) apresentou diferenças nas diversas densidades em sementes de alto e médio vigor. Tanto em sementes de alto, como de médio vigor, os maiores valores foram obtidos na densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>. Já para uma mesma

densidade, o vigor apresentou diferença em 1,75 e 1,85 g cm<sup>-3</sup>, onde as plantas originadas de sementes de médio vigor mostraram menor massa seca da parte aérea.

**Tabela 10.** Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa seca da parte aérea de plantas de sorgo. Fernandópolis, 2013.

MSPA (g pl <sup>-1</sup> ) Densidade g cm <sup>-3</sup>	Vigor	
	Alto	Médio
1,50	0,28cA	0,28bA
1,75	0,31aA	0,30aB
1,85	0,28bA	0,28cB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

A interação dos fatores D x V para massa úmida e seca de raiz (MUR e MSR) de plantas de sorgo (Tabelas 11 e 12) apresentaram diferenças nas diversas densidades para sementes de alto vigor. O maior valor foi obtido na densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>, já para uma mesma densidade, o vigor apresentou diferença em 1,75 g cm<sup>-3</sup>, onde as plantas originadas de sementes de médio vigor mostraram menor massa úmida e seca da raiz.

**Tabela 11.** Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa úmida da raiz de plantas de sorgo. Fernandópolis, 2013.

MUR (g pl <sup>-1</sup> ) Densidade g cm <sup>-3</sup>	Vigor	
	Alto	Médio
1,50	0,12bA	0,09aA
1,75	0,19aA	0,13aB
1,85	0,11bA	0,14aA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

**Tabela 12.** Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa seca da raiz de plantas de sorgo. Fernandópolis, 2013.

MSR (g pl <sup>-1</sup> ) Densidade g cm <sup>-3</sup>	Vigor	
	Alto	Médio
1,50	0,049bA	0,051aA
1,75	0,077aA	0,046aB
1,85	0,027bA	0,042aA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O sorgo é uma monocotiledônea com germinação hipógea e os dados indicam haver interferência do vigor da semente quando a densidade do solo é 1,75 e 1,85 g cm<sup>-3</sup>. Por sua vez, houve maior taxa de emergência e desenvolvimento das plantas quando as sementes germinaram em substrato com densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>.

Para a brachiaria, o fator densidade interferiu nas variáveis massa úmida e seca da parte aérea e na massa úmida e seca da raiz. O vigor interferiu em todas as

variáveis, com exceção da massa seca da parte aérea e massa úmida da raiz, não havendo também interferência dos fatores D x V para todas as variáveis avaliadas (Tabela 13).

**Tabela 13.** Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de brachiaria de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013.

Fator de variação	PC %	E %	IVE	Alt cm pl <sup>-1</sup>	MUPA g pl <sup>-1</sup>	MSPA g pl <sup>-1</sup>	MUR g pl <sup>-1</sup>	MSR g pl <sup>-1</sup>
<b>Densidade</b>								
1,50 g cm <sup>-3</sup>	28	54	2,2	1,37	0,30b	0,27b	0,02b	0,004b
1,75 g cm <sup>-3</sup>	25	44	1,9	1,14	0,32a	0,30a	0,06a	0,04a
1,85 g cm <sup>-3</sup>	36	51	2,3	1,32	0,30b	0,27b	0,06a	0,04a
<b>Vigor</b>								
Alto	20b	34b	1,5b	0,86b	0,30b	0,28	0,04	0,026b
Médio	39a	65a	2,8a	1,70a	0,31a	0,29	0,05	0,031a
<b>Valores F</b>								
Densidade D	2,26ns	2,56ns	1,98ns	1,04ns	45,83**	463,4**	62,1**	117,4**
Vigor (V)	22,45**	68,62**	50,40**	35,44**	29,76**	2,56ns	1,25ns	4,7*
D x V	0,39ns	2,56ns	1,37ns	1,95ns	0,53ns	0,25ns	0,27ns	0,34ns
<b>Média</b>	29,50	49,66	2,15	1,28	0,30	0,28	0,05	0,02
<b>C.V. (%)</b>	34,46	18,26	20,98	26,96	1,35	0,89	16,09	18,91

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns= não significativo; \*=significativo a 5% de probabilidade; \*\*=significativo a 1% de probabilidade.

De maneira geral, na densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>, as plantas apresentaram maiores massas secas e úmidas da parte aérea e da raiz, concordando com o obtido para as outras espécies descritas anteriormente. Já quanto ao vigor, os maiores valores foram obtidos com sementes envelhecidas ditas de “médio vigor”. Na verdade, o envelhecimento por empregar temperatura de 41°C acabou por aumentar a germinação da semente, quebrando uma possível dormência.

A brachiaria é uma monocotiledônea com germinação hipógea e os dados indicam haver pouca interferência do vigor da semente nas diferentes densidades do solo. Por sua vez, houve melhor desenvolvimento das plantas quando as sementes germinaram em substrato com densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>.

Para o feijão de porco, o fator densidade interferiu nas variáveis IVE e massa úmida e seca da raiz. O vigor interferiu apenas no IVE, havendo também interação dos fatores D x V para a variável massa úmida da raiz (Tabela 14).

**Tabela 14.** Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de feijão de porco de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013.

Fator de variação	PC %	E %	IVE	Alt cm pl <sup>-1</sup>	MUPA g pl <sup>-1</sup>	MSPA g pl <sup>-1</sup>	MUR g pl <sup>-1</sup>	MSR g pl <sup>-1</sup>
<b>Densidade</b>								
1,50 g cm <sup>-3</sup>	76	93	4,22a	22,18	4,58	0,75	2,10a	0,53a
1,75 g cm <sup>-3</sup>	72	89	4,22a	23,34	4,42	0,75	1,89b	0,31b
1,85 g cm <sup>-3</sup>	71	91	3,80b	21,59	4,71	0,78	1,95b	0,39b
<b>Vigor</b>								
Alto	67b	88	3,8b	22,04	4,52	0,75	2,07	0,44
Médio	78a	93	4,3a	22,70	4,61	0,77	1,90	0,38
<b>Valores F</b>								
Densidade D	0,75ns	0,45ns	3,54*	1,7ns	1,45ns	1,76ns	5,7*	13,23**
Vigor (V)	9,0**	2,4ns	7,86*	0,70ns	0,48ns	0,56ns	3,2ns	2,57ns
D x V	1,41ns	0,16ns	0,36ns	0,31ns	0,14ns	0,66ns	6,7**	2,49ns
<b>Média</b>	<b>72,83</b>	<b>90,66</b>	<b>4,08</b>	<b>22,37</b>	<b>4,57</b>	<b>0,76</b>	<b>2,0</b>	<b>0,41</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>12,33</b>	<b>8,12</b>	<b>8,54</b>	<b>8,56</b>	<b>7,50</b>	<b>4,73</b>	<b>8,59</b>	<b>20,56</b>

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns= não significativo; \*=significativo a 5% de probabilidade; \*\*=significativo a 1% de probabilidade.

A velocidade de emergência das sementes de feijão de porco foi maior nas densidades de 1,50 e 1,75 g cm<sup>-3</sup>, já para as massas úmidas e secas da raiz, os maiores valores foram obtidos com densidade de 1,50 g cm<sup>-3</sup> (Tabela 14).

O vigor interferiu na primeira contagem da emergência e no IVE, onde as sementes envelhecidas (médio vigor) apresentaram valores superiores às sem envelhecimento (alto vigor). Por ser o feijão de porco uma fabacea e apresentar dormência, provavelmente, isto ocorreu porque o tratamento com temperatura elevada elevou seu potencial fisiológico.

A interação dos fatores D x V para massa úmida da raiz (MUR) de plantas de feijão de porco (Tabela 15) apresentou diferenças nas diversas densidades para sementes de médio vigor, onde o maior valor foi obtido na densidade de 1,50 g cm<sup>-3</sup>. Já para uma mesma densidade, o vigor apresentou diferença em 1,75 g cm<sup>-3</sup>, onde as plantas originadas de sementes de médio vigor mostraram menor massa úmida da raiz.

O feijão de porco é uma dicotiledônea com germinação epígea e os dados indicam haver pouca interferência do vigor da semente nas diferentes densidades do solo. Por sua vez, houve melhor desenvolvimento das plantas quando as sementes germinaram em substrato com densidade de 1,50 g cm<sup>-3</sup>.

**Tabela 15.** Médias do desdobramento de densidade dentro de cada nível de vigor para massa úmida da raiz de plantas de feijão de porco. Fernandópolis, 2013.

MUR (g pl <sup>-1</sup> ) Densidade g cm <sup>-3</sup>	Vigor	
	Alto	Médio
1,50	2,06aA	2,28aA
1,75	2,09aA	1,70bB
1,85	2,07aA	1,85bA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Para a crotalária, o fator densidade interferiu nas variáveis massa seca da parte aérea e massa úmida e seca da raiz. O vigor interferiu apenas na massa úmida da raiz, não havendo interação dos fatores D x V para nenhuma das variáveis (Tabela 16).

De maneira geral, na densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>, as plantas apresentaram maiores massas secas e úmidas da parte aérea e da raiz, concordando com o obtido para as outras espécies descritas anteriormente. Já quanto ao vigor, para a massa úmida de raiz, o maior valor foi obtido com sementes de alto vigor (Tabela 16).

A crotalária é uma dicotiledônea com germinação epígea e os dados indicam haver pouca interferência do vigor da semente nas diferentes densidades do solo. Por sua vez, houve melhor desenvolvimento das plantas quando as sementes germinaram em substrato com densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup>.

**Tabela 16.** Médias obtidas para primeira contagem da emergência (PC), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (Alt), massa úmida da parte aérea (MUPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa úmida da raiz (MUR) e massa seca da raiz (MSR) de sementes de crotalária de acordo com os fatores densidade e vigor e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2013.

Fator de variação	PC %	E %	IVE	MUPA g pl <sup>-1</sup>	MSPA g pl <sup>-1</sup>	MUR g pl <sup>-1</sup>	MSR g pl <sup>-1</sup>
<b>Densidade</b>							
1,50 g cm <sup>-3</sup>	67	75	4,37	0,35	0,28b	0,08b	0,01b
1,75 g cm <sup>-3</sup>	77	81	4,01	0,37	0,30a	1,13a	0,04a
1,85 g cm <sup>-3</sup>	70	77	4,47	0,34	0,29b	1,12a	0,03a
<b>Vigor</b>							
Alto	75	81	4,45	0,36	0,29	0,13a	0,034
Médio	67	74	4,12	0,35	0,29	0,09b	0,031
<b>Valores F</b>							
Densidade (D)	1,27ns	0,61ns	1,4ns	1,5ns	8,1**	4,2*	24,97**
Vigor (V)	1,98ns	2,3ns	1,8ns	1,1ns	0,002ns	8,2*	1ns
D x V	0,57ns	0,49ns	2,56ns	3,21ns	1,4ns	1,7ns	1,89ns
<b>Média</b>	71	78	4,28	0,36	0,29	0,11	0,03
<b>C.V. (%)</b>	17,96	14,48	13,53	9,94	3,46	30,09	23,30

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns= não significativo; \*=significativo a 5% de probabilidade; \*\*=significativo a 1% de probabilidade.

Em relação à densidade do solo nos vasos, as espécies avaliadas interferiram de forma significativa nos três valores iniciais (1,50, 1,75 e 1,85 g cm<sup>-3</sup>). O vigor interferiu nas densidades de 1,50 e 1,75 g cm<sup>-3</sup>, havendo também interferência da interação espécie x vigor (E x V) nas três densidades estudadas (Tabela 17).

**Tabela 17.** Médias obtidas para densidade do solo dos vasos inicialmente compactados a 1,50, 1,75 e 1,85 g cm<sup>-3</sup> de acordo com as diferentes espécies avaliadas e vigor da semente e valores de F. Fernandópolis, SP, 2013.

Fator de variação	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )		
	1,50	1,75	1,85
<b>Espécies</b>			
Brachiaria	1,76 a	1,68 c	1,73 b
Sorgo	1,59 b	1,72 b	1,51 b
Guandu fava-larga	1,52 c	1,49 d	1,70 b
Guandu-anão	1,50 c	1,77 a	1,56 b
Crotalária	1,46 d	1,43 e	2,00 a
Feijão de porco	1,42 d	1,36 f	1,60 b
<b>Vigor</b>			
Alto	1,57 a	1,59 a	1,70
Médio	1,51 b	1,56 b	1,66
<b>Valores F</b>			
Espécies (E)	36,4**	372,8**	7,24**
Vigor (V)	15,8**	25,9**	0,47ns
E x V	9,85**	7,20**	3,93**
<b>Média</b>	1,54	1,57	1,68
<b>C.V. (%)</b>	3,17	1,37	9,66

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns= não significativo; \*=significativo a 5% de probabilidade; \*\*=significativo a 1% de probabilidade.

A interação dos fatores E x V para densidade de 1,50 g cm<sup>-3</sup> (Tabela 18) mostrou que as espécies feijão de porco e crotalária com sementes de alto vigor e feijão de porco, crotalária, guandu-anão e guandu fava-larga com sementes de médio vigor foram capazes de reduzir a densidade do solo nos vasos, ou seja, o sistema radicular destas espécies reduziu a densidade do solo para valores menores que 1,50 g cm<sup>-3</sup>, o que mostra sua eficiência.

A interação dos fatores E x V para densidade de 1,75 g cm<sup>-3</sup> (Tabela 19) mostrou que todas as espécies, com exceção de guandu-anão e sorgo com sementes de alto vigor foram capazes de reduzir a densidade do solo nos vasos, ou seja, o sistema radicular destas espécies reduziu a densidade do solo para valores menores que 1,75 g cm<sup>-3</sup>, o que mostra sua eficiência.

**Tabela 18.** Médias do desdobramento de espécies dentro de cada nível de vigor para densidade de vaso de 1,50 g cm<sup>-3</sup>. Fernandópolis, 2013.

Densidade 1,50 (g cm <sup>-3</sup> ) Espécies	Vigor	
	Alto	Médio
Brachiaria	1,76 aA	1,75 aA
Sorgo	1,59 cA	1,59 bA
Guandu fava-larga	1,67 bA	1,36 cB
Guandu-anão	1,55 cA	1,45 cB
Crotalária	1,45 dA	1,47 cA
Feijão de porco	1,42 dA	1,43 cA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Tabela 19.** Médias do desdobramento de espécies dentro de cada nível de vigor para densidade de vaso de 1,75 g cm<sup>-3</sup>. Fernandópolis, 2013.

Densidade 1,75 (g cm <sup>-3</sup> ) Espécies	Vigor	
	Alto	Médio
Brachiaria	1,66 cB	1,71 aA
Sorgo	1,75 bA	1,69 aB
Guandu fava-larga	1,53 dA	1,46 bB
Guandu-anão	1,80 aA	1,74 aB
Crotalária	1,45 eA	1,42 cA
Feijão de porco	1,38 fA	1,33 dB

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A interação dos fatores E x V para densidade de 1,85 g cm<sup>-3</sup> (Tabela 20) mostrou que todas as espécies, com exceção de crotalária com sementes de alto vigor foram capazes de reduzir a densidade do solo nos vasos, ou seja, o sistema radicular destas espécies reduziu a densidade do solo para valores menores que 1,85 g cm<sup>-3</sup>, o que mostra sua eficiência.

**Tabela 20.** Médias do desdobramento de espécies dentro de cada nível de vigor para densidade de vaso de 1,85 g cm<sup>-3</sup>. Fernandópolis, 2013.

Densidade 1,85 (g cm <sup>-3</sup> ) Espécies	Vigor	
	Alto	Médio
Brachiaria	1,73 bA	1,72 aA
Sorgo	1,56 bA	1,46 aA
Guandu fava-larga	1,66 bA	1,74 aA
Guandu-anão	1,47 bA	1,65 aA
Crotalária	2,27 aA	1,74 aB
Feijão de porco	1,52 bA	1,68 aA

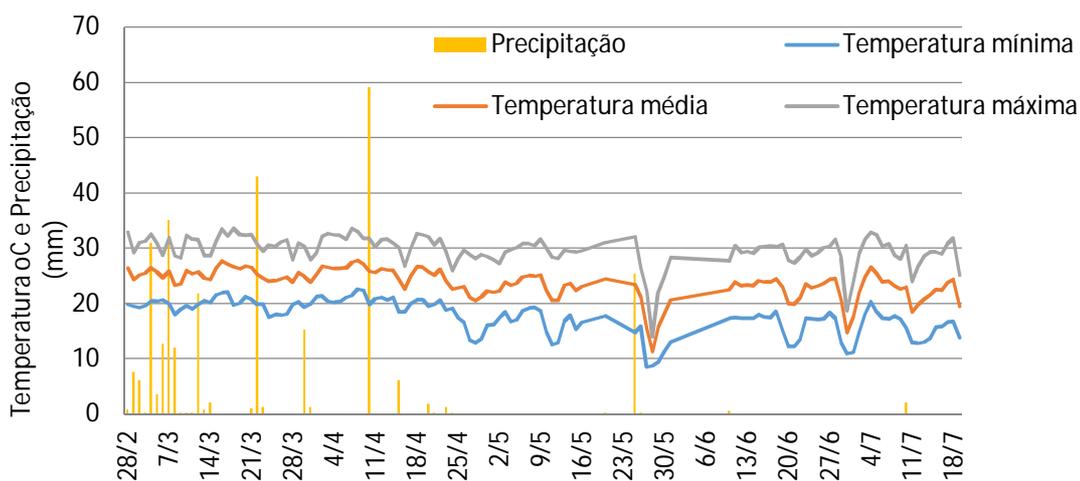
Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A análise conjunta dos resultados para as três densidades, mostrou que o feijão de porco foi a espécie com melhor eficiência em reduzir a compactação de solos. Isto pode ser atribuído ao seu volumoso sistema radicular (CUBILLA et al., 2002).

De acordo com Reinert et al. (2008) as espécies crotalaria, guandu-anão, mucuna-cinza e feijão-de-porco podem ser utilizadas em solos com compactação excessiva, mas, quando a densidade for superior a  $1,85 \text{ g cm}^{-3}$ , pode ser necessária a mobilização do solo com escarificador e, ou, subsolador, dependendo da localização da camada compactada.

## 5.2. Espécies vegetais em área degradada e sua relação com os atributos físico e químico do solo

A área não foi irrigada, o que prejudicou muito o desenvolvimento das plantas e o enchimento de grãos de todas as espécies, já que houve uma precipitação de apenas 293 mm durante todo o período do experimento, sendo insuficiente. A temperatura média foi de  $23,6^\circ\text{C}$  (Figura 10).



**Figura 10.** Valores diários de temperatura e precipitação durante o período do experimento. Fernandópolis, 2013.

Os dados referentes à altura da planta, massa seca da parte aérea e densidade do solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm estão apresentados na Tabela 21. Os diversos tratamentos interferiram na altura da planta e na densidade nas três camadas avaliadas. Não houve interferência sobre a massa seca.

As maiores alturas da planta foram verificadas para crotalaria, crotalaria+brachiaria e milho, o que já era esperado, já que a altura é uma característica genética que sofre pouca influência das condições edafo-climáticas, ainda mais que todas as espécies foram submetidas as mesmas condições

ambientais (alta temperatura, baixa precipitação e solo compactado), não havendo, portanto, diferenças que interferissem em suas alturas (Tabela 21).

Quanto a massa seca da parte aérea em 1 m<sup>2</sup>, não houve diferenças estatísticas, mas visualmente foi possível observar o excelente desempenho do feijão de porco, apresentando uma massa de 98,3 g, superando em 66% a massa obtida pela segunda melhor espécie que foi o guandu fava-larga (Tabela 21). Os tratamentos com brachiaria e os seus consórcios não apresentaram valores diferentes das espécies semeadas de forma isolada, o que se acreditava ser vantajoso. Isto pode ser explicado, provavelmente, pela baixa emergência das sementes de brachiaria em decorrência de sua semeadura a lanço e do excesso de precipitação logo após a semeadura, o que fez com que as sementes fossem levadas pelo escoamento superficial das águas.

Por sua vez, a densidade do solo apresentou diferenças nas três camadas avaliadas, onde a testemunha superou significativamente os demais tratamentos. Assim, foi possível verificar que a semeadura de diversas espécies vegetais, independentes se mono ou dicotiledôneas, com germinação epígea ou hipógea, de forma isolada ou em consórcio com brachiaria, auxiliam na melhoria das características físicas de um solo compactado (Tabela 21).

**Tabela 21.** Médias de altura da planta, massa seca da parte aérea em 1 m<sup>2</sup> e densidade do solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de acordo com os diferentes tratamentos e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2014.

Tratamento	Altura (cm)	Massa seca (g m <sup>-2</sup> )	Densidade do Solo (g cm <sup>-3</sup> )		
			0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
testemunha	30,0 b	29,5 a	2,44 a	2,44 a	2,52 a
guandu fava-larga	43,5 b	59,1 a	1,53 b	1,58 b	1,54 b
guandu anão	37,7 b	23,7 a	1,58 b	1,74 b	1,38 b
crotalaria	68,1 a	24,2 a	1,51 b	1,58 b	1,47 b
mucuna preta	28,5 b	18,1 a	1,61 b	1,59 b	1,61 b
feijão de porco	45,9 b	98,3 a	1,27 b	1,34 b	1,32 b
milheto	72,3 a	47,6 a	1,55 b	1,54 b	1,46 b
brachiaria	14,1 b	4,33 a	1,65 b	1,65 b	1,67 b
sorgo	25,3 b	25,2 a	1,49 b	1,55 b	1,50 b
guandu fava-larga +brachiaria	44,3 b	21,3 a	1,53 b	1,52 b	1,50 b
guandu-anão +brachiaria	45,1 b	17,3 a	1,50 b	1,57 b	1,53 b
crotalaria+brachiaria	69,8 a	24,3 a	1,50 b	1,54 b	1,52 b
mucuna-preta +brachiaria	19,5 b	24,3 a	1,68 b	1,37 b	1,64 b
feijão-de-porco +brachiaria	44,1 b	50,0 a	1,59 b	1,49 b	1,52 b
<b>Valores de F</b>					
Tratamento	2,91**	1,82ns	6,84**	5,02 **	5,68**
<b>CV (%)</b>	44,07	90,97	10,72	12,48	13,07

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns= não significativo; \*=significativo a 5% de probabilidade; \*\*=significativo a 1% de probabilidade

Quanto às características químicas do solo, a análise não apresentou diferenças significativas nos teores de matéria orgânica, fósforo, pH, potássio, cálcio (Tabela 22), acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V) (Tabela 23) de acordo com as diversas espécies vegetais semeadas.

**Tabela 22.** Médias obtidas para nos teores de matéria orgânica (MO), fósforo (P), pH, potássio (K) e cálcio (Ca) de acordo com os diferentes tratamentos e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2014.

Tratamento	MO (g dm <sup>-3</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )	K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )
testemunha	14,6 a	7,0 a	5,2 a	1,3 a	14,3 a
guandu fava-larga	15,0 a	9,0 a	5,5 a	1,4 a	16,6 a
guandu anão	14,6 a	8,0 a	5,3 a	1,4 a	16,0 a
crotalária	14,6 a	8,3 a	5,4 a	1,4 a	15,6 a
mucuna preta	14,3 a	6,6 a	5,3 a	1,2 a	14,0 a
feijão de porco	14,3 a	8,3 a	5,3 a	1,3 a	14,3 a
milheto	15,0 a	7,3 a	5,3 a	1,3 a	14,6 a
brachiaria	14,0 a	7,6 a	5,2 a	1,2 a	14,3 a
sorgo	15,3 a	8,3 a	5,4 a	1,4 a	16,6 a
guandu fava-larga +brachiaria	15,3 a	8,0 a	5,3 a	1,3 a	16,0 a
guandu-anão +brachiaria	15,0 a	8,0 a	5,4 a	1,3 a	15,6 a
crotalaria+brachiaria	15,6 a	7,6 a	5,3 a	1,4 a	15,6 a
mucuna-preta +brachiaria	15,6 a	9,6 a	5,6 a	1,5 a	18,0 a
feijão-de-porco +brachiaria	15,3 a	9,6 a	5,5 a	1,5 a	17,0 a
<b>Valores de F</b>					
Tratamento	1,308ns	1,056ns	1,093ns	1,229ns	1,577ns
Média	14,92	8,11	5,4	1,3	15,6
CV (%)	5,17	18,33	3,23	11,32	10,53

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns= não significativo; \*=significativo a 5% de probabilidade; \*\*=significativo a 1% de probabilidade

Apenas o teor de magnésio apresentou diferenças de acordo com a espécie vegetal semeada (Tabela 21). As parcelas com guandu fava larga e anão, crotalária, sorgo, mucuna preta+brachiaria e feijão de porco+brachiaria superam os demais tratamentos quanto ao teor de magnésio no solo.

**Tabela 23.** Médias obtidas para nos teores de magnésio (Mg), acidez potencial (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V) de acordo com os diferentes tratamentos e os valores de F. Fernandópolis, SP, 2014.

Tratamento	Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	CTC (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	V (%)
testemunha	5,0 b	27,0 a	20,6 a	47,6 a	44,1 a
guandu fava-larga	6,0 a	24,0 a	24,1 a	48,1 a	49,2 a
guandu anão	6,0 a	25,0 a	23,4 a	48,4 a	48,3 a
crotalária	6,0 a	24,3 a	23,1 a	47,4 a	48,7 a
mucuna preta	5,0 b	27,0 a	20,2 a	47,2 a	42,8 a
feijão de porco	5,3 b	25,6 a	21,0 a	46,7 a	45,0 a
milheto	5,3 b	25,6 a	21,3 a	46,9 a	45,3 a
brachiaria	5,3 b	26,3 a	20,8 a	47,2 a	44,2 a
sorgo	6,0 a	23,3 a	24,1 a	47,4 a	50,7 a
guandu fava-larga +brachiaria	5,3 b	24,3 a	22,7 a	47,0 a	48,2 a
guandu-anão +brachiaria	5,6 b	25,6 a	22,7 a	48,3 a	46,9 a
crotalaria+brachiaria	5,6 b	25,3 a	22,7 a	48,1 a	47,3 a
mucuna-preta +brachiaria	7,0 a	22,6 a	26,5 a	49,2 a	53,9 a
feijão-de-porco +brachiaria	6,0 a	24,6 a	24,5 a	49,1 a	49,8 a
<b>Valores de F</b>					
Tratamento	2,955**	1,490ns	1,961ns	1,491ns	1,649ns
Média	5,6	25,0	22,7	47,7	47,5
CV (%)	9,4	7,26	9,68	2,36	8,69

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns= não significativo; \*=significativo a 5% de probabilidade; \*\*=significativo a 1% de probabilidade

## 6. CONCLUSÃO

A reutilização das áreas degradadas deve vir acompanhada de estratégias de ação visando a uma rápida recuperação de sua capacidade produtiva, como também da adoção de medidas que permitam seu uso sustentável.

O tipo de germinação, epígeo ou hipógeo, não interfere na resposta da semente quanto a sua emergência e desenvolvimento da plântula em solos de alta densidade (compactados).

Para todas as espécies avaliadas, com exceção do feijão de porco, na densidade de  $1,75 \text{ g cm}^{-3}$  ocorre o maior desenvolvimento da parte aérea e da raiz das plântulas.

Para o guandu-anão, feijão de porco e sorgo, em solos com alta densidade (compactados), as melhores respostas são obtidas com sementes de alto vigor, havendo, portanto, interferência da qualidade fisiológica da semente no seu desempenho.

O feijão de porco pode ser utilizado em áreas degradadas e compactadas, por possuir um elevado desempenho inicial de suas sementes e um vigoroso sistema radicular.

A semeadura de espécies vegetais em áreas degradadas independentemente se mono ou dicotiledôneas, com germinação epígea ou hipógea, de forma isolada ou em consórcio com brachiaria, auxilia na melhoria das características físicas do solo, não interferindo, porém, nas características químicas do solo em um primeiro ano de cultivo.

A adoção de práticas de conservação do solo e a recuperação de áreas degradadas evitam a degradação das áreas de produção e a perda de áreas produtivas, o que se enquadra no modelo de desenvolvimento sustentável e ambientalmente correto, com benefícios para o produtor e para a sociedade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. V.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T. et al. Implantação de espécies nativas para recuperação de áreas degradadas em região de Cerrado. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Blumenau. **Anais...** Blumenau, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, Fundação Universidade Regional de Blumenau, 2000. CD-ROM.

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M.B. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 277-88, 2000.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W. et al. Características de adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP.** Ilha Solteira, 2001. 83p. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

ANDRADE, R. P.; VALENTIM, J. F. **Síndrome da morte do capim-brizantão no Acre: características, causas e soluções tecnológicas.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2007. 43 p. (Documentos, 105).

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, n 4 . p.411- 418, 2009.

AOSA. Association of Official Seeds Analysts. **Seed vigor testing handbook.** Lincoln, 1983. 88p. (Contribution, 32).

BENGOUGH, A. G.; MULLINS, C. E. Penetrometer resistance, root penetration resistance and root elongation rate in two sandy loam soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 131, p. 59-66, 1991.

BRAGA, N. R. **Instruções agrícolas para o estado de São Paulo** – Boletim nº 200. 6ª edição. Instituto Agronômico de Campinas: 77-78, 1995”.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

BRUNKEN, J. N. A systematic study of *Pennisetum* sect. *Pennisetum* (Gramineae). **American Journal of Botany**, Bronx, v. 64, p.161-176, 1977.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 118p. (Circular, 80).

CARVALHO, L. F. de; MEDEIROS FILHO, S.; ROSSETTI, A. G. et al. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 185-192, 2000.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CAMARGO, O. A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.

CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y. et al. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: a observação de laboratórios naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. v.3.

COSTA, F.; PACIOMIK, S.; ABREU, J. B. R. Distribuição vertical de características morfológicas do sistema radicular de *Brachiaria humidicola*. **Pastures Tropicales**, v.24 n.3, 2000.

CUBILLA, M.; REINERT, D. J.; AITA, C. et al. Plantas de cobertura do solo: uma alternativa para aliviar a compactação em sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 71, p. 29-32, 2002.

DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 51, p. 71-79, 1999.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N. et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Londrina, IAPAR, 1991. 272p.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.). **Recuperação de áreas degradadas**. 1º ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998.

DIAS FILHO, M. B.; ANDRADE, C. M. S. de. Pastagem no ecossistema do trópico úmido. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 2., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p. 95-104.

DUKE, J. A. Keys for the identification of seedling of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. **Ann. Missouri Bot. Gard.**, St. Louis, v. 52, n. 3, p. 314-350, 1965.

FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.0 (Build 67)**. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FERREIRA, C. W.; BOTELHO, A. S.; DAVIDE, C. A. et al. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do rio Grande, na usina hidrelétrica de Camargos, MG. **Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n.1, p.177-185, 2007.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production Yearbook**, Roma, v.8, n.1, p. 19-28, 1995.

FLORES, A. S. **Taxonomia, números cromossômicos e química de espécies de *Crotalaria* L. (Leguminosae-Papilionoideae) no Brasil**. 2004. 213 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal). Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, Campinas, 2004.

GROHMANN, F.; QUEIROZ NETO, J. P. Efeito da compactação artificial de dois solos limo-argilosos sobre a penetração das raízes de arroz. **Bragantia**, Campinas, v.25, n.38, p.421-431, 1966.

HAUSER, V. L. Water injection in grass seed furrows, **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 29, n. 5, p. 1247-1253, 1986.

IAC. Instituto Agrônomo de Campinas. **Guandu IAC Fava Larga**. Campinas, 1989. Não paginado. (Boletim Técnico).

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Guandu anão IAPAR 43 – Aratã**. Londrina, 1995. Não paginado. (Boletim Técnico).

IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; RAMOS, M. M.; OYAMA, K. Seedling functional types in a lowland rain forest in Mexico. **Am. J. Bot.**, v. 88, p. 1801–1812, 2001.

IBPGR. International Board for Plant Genetic Resources. **Descriptors for pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.)**. Rome: IBPGR / Patancheru: ICRISAT, 1993.43 p.

ISELY, D. **Vigor tests**. Proceedings of the Association Official Seed Analysts, 47:177-82, 1957.

ISTA. International Seed Testing Association. **Handbook of vigour test methods**. Zurich, 1981. 72p.

KIRKEGAARD, J. A.; SO, H. B.; TROEDSON, R. J. Effect of compaction on the growth of pigeon pea on clays soils. III. Effect of soil type and water regime on plant response. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 26, p. 163-178, 1993.

KITAJIMA, K. Impact of cotyledon and leaf removal on seedling survival in three tree species with contrasting cotyledon functions. **Biotropica**, v. 35, n.3, p. 429-434, 2003.

LIJIMA, M.; KONO, Y.; YAMAUCHI, A. et al. Effects of soil compaction on the development of rice and maize root systems. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 31, n. 3, p. 333-342, 1991.

LIRA, M. A. Considerações sobre o potencial do sorgo em Pernambuco. In: CURSO DE EXTENSÃO SOBRE A CULTURA DO SORGO, 1980, Vitória de Santo Antão, PE. **Curso de Extensão**. Brasília DF: EMBRAPA, DID, 1981. p. 87-88.

LORENZI, H. **Plantas Ornamentais no Brasil**, Plantarum, Nova Odessa, 1995. 404p.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema cerrado: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005. Goiânia, **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. P. 56-84.

MACHADO, J. C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 107 p.

MAEDA, J. A.; LAGO, A. A. Germinação de sementes de mucuna preta após tratamento para superação de impermeabilidade do tegumento. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.8, n.1, p.79-84, 1986a.

MAEDA, J. A.; LAGO, A. A. Longevidade de sementes de algumas espécies de mucuna. **Bragantia**, Campinas, v.45, n.1, p.189-194, 1986b.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES/Comitê de Vigor, 1999. p.1.1-1.21.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 1ª ed. Piracicaba/SP: Fundação de Estudos Agrários, v.1, 2005. 495p.

MARTINS NETTO, D. A. **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1998. 6 p. (Embrapa-CNPMS. Comunicado Técnico, 11).

MATERECHERA, S. A.; ALSTON, A. M.; KIRBY, J. M. et al. Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. **Plant and soil**, 144: 2097-303, 1992.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O. A.; CAVALERI, P. A. et al. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 138p.

MORAES, W. V. de **Comportamento de características e propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, submetido a diferentes sistemas de cultivos**. Lavras: ESAL, 1984. 107p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.219-26. 2003.

MOURÃO, K. S. M.; DOMINGUES, L.; MARZINEK, J. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 29, n. 3, p. 261-268, 2007.

NEVES, E.; TOSTES, A. **Meio ambiente: Aplicando a Lei**. Petrópolis: Vozes, Centro de Criação de Imagens Populares (CECIP), 1992, 22 p.

NUNES, S. F.; BOOK, A., PENTEADO, M. I. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1984, 31 p. (Documentos, 21).

NEVES, L. G.; TIENNE, L.; VALCARCEL, R. Regeneração induzida em áreas de empréstimo na Ilha da Madeira, RJ. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRRJ, 11., Seropédica, 2001. **Resumos**. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001. p.103-106.

OLIVEIRA, M.; CURI, N.; FREIRE, J. C. Relações massa/volume em Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa da região de Lavras (MG) sob pastagens e cultivo anual. **Ciência e Prática**, Lavras, v.7, p.66-74, 1983.

PANAYIOTOPOULOS, K. P.; PAPADOPOULOU, C. P.; HATJIOANNIDOU, A. Compaction and penetration resistance of an Alfisol and Entisol and their influence on root growth of maize seedlings. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 31, n. 4, p. 323-337, 1994.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília: 2 ed., 1985. 298p.

REINERT, D. J.; HORN, R.; HÅKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, v.102, p.242-254, 2008.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: **Matas ciliares: conservação e recuperação**. RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. Fapesp, 2000. 249–259p.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recomposição de Florestas Nativas: Princípios Gerais e Subsídios para uma Definição Metodológica. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, SP, v. 2, n. 1, p. 4-15, 2001.

SÁNCHEZ, L. E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. 82p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SILVA, E. M. R.; ALMEIDA, D. L. de; FRANCO, A. A. et al. A adubação verde no aproveitamento do fosfato em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 85-88, 1985.

SILVA, A. P. da; LIBARDI, P. L.; CAMARGO, O. A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, n.2, p.91-95, 1986.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. **Gramíneas tropicales**. Roma: FAO, 1992. p. 627-635.

SMITH, R. L.; HOVELAND, C .S.; HANNA, W. W. Water stress and temperature in relation to seed germination of pearl millet and sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 303-305, 1989.

SOARES FILHO, C. V. Recomendações de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 1994. p.25-48.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Influence des pratiques culturales sur le comportement et les propriétés de sols du Paraná (Brésil). **Etude Gestion Sols**, 5:61-71, 1998.

TEKRONY, D. M., EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, Madison, v.31, 1991. p.816-822.

TRANI, P. E.; BULISANI, E. A.; BRAGA, N. R. **Adubação verde**. Campinas: Coordenadoria de Assistências Técnica Integral, 1989. 13p. (Boletim técnico, 197).

VALLE, C. B.; MILLES, J. W. Melhoramento de gramíneas do gênero. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. P. 1-24.

WITT, M.; EASTIN, J. Pearl millet, grain sorghum, and corn responses to watering levels. In: NATIONAL GRAIN PEARL MILLET SYMPOSIUM, 1., 1995, Tifton. **Proceedings...** [S.l]: University of Georgia, 1995. p. 40.

WUTKE, E. B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (Ed.) **Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônômico**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p.17-29. (Documentos, 35).