

Informações sobre a germinação e crescimento do capim-annoni, uma espécie invasora exótica que tem ameaçado a diversidade dos Campos Sulinos, são fundamentais para implementar técnicas de prevenção e controle à invasão. Este trabalho objetivou avaliar o efeito de solos derivados de diferentes materiais de origem, de níveis de compactação e de pHs sobre a germinação e desenvolvimento do capim-annoni.

Orientadora: Letícia Sequinatto  
Co-orientador: Álvaro Luiz Mafra

Lages, 2017

ANO  
2017

JOSIE MORAES MOTA | GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM-ANNONI EM  
DIFERENTES CONDIÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS DE LATOSSOLOS



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO  
CAPIM-ANNONI EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS  
DE LATOSSOLOS**

JOSIE MORAES MOTA

LAGES, 2017

**JOSIE MORAES MOTA**

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM-ANNONI EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS DE LATOSSOLOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo  
da Universidade do Estado de Santa Catarina,  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
Mestre em Ciência do Solo.

Orientadora: Prof(a) Dr<sup>a</sup> Letícia Sequinatto  
Co-orientador: Prof. Dr. Álvaro L. Mafra

**LAGES, SC  
2017**

Ficha catalográfica elaborada pela autora com o  
auxílio do programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Moraes Mota, Josie  
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM-ANNONI EM  
DIFERENTES CONDIÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS DE  
LATOSSOLOS / Josie Moraes Mota. - Lages, 2017.  
158 p.

Orientadora: Letícia Sequinatto  
Co-orientador: Álvaro Luiz Mafra

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo,  
Lages, 2017.

1. Plantas invasoras. 2. Litologia. 3. Compactação.  
4. Acidez do solo. I. Sequinatto, Letícia. II. Luiz Mafra,  
Álvaro. III. Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação  
em Ciência Do Solo. IV. Título.

JOSIE MORAES MOTA

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM-ANNONI EM DIFERENTES CONDIÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS DE LATOSSOLOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

**Banca Examinadora**

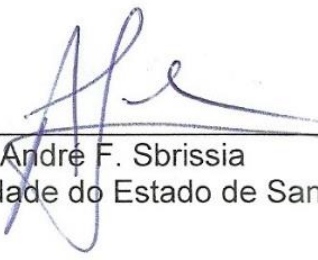
Orientador(a):

  
Prof(a). Dr.ª. Leticia Sequinatto  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

  
Prof(a) Dr.ª. Cileide C. A. de Souza  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

  
Prof. Dr. André F. Sbrissia  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:

  
Prof. Dr. José Miguel Reichert  
Universidade Federal de Santa Maria

Lages, SC, 3 de Julho de 2017



Dedico esta conquista, bem como todas as minhas demais, aos meus amados pais Veroni e Geneci e às minhas irmãs Adriana e Bruna; que falta vocês me fazem! Ao meu paciente e amado esposo Joel e ao meu precioso e amado filho Gustavo, meus melhores e maiores presentes.



## **AGRADECIMENTOS**

À UDESC pela oportunidade de ensino e à CAPES, pela bolsa concedida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pelo ensino e condições de trabalho.

À Professora Letícia Sequinatto, pela oportunidade de inserção na pesquisa, pela orientação, ensinamentos e a grande amizade.

Aos Professores André Sbrissia, Cileide A.de Souza, Álvaro Luiz Mafra, Jaime Antônio de Almeida, Jackson Adriano Albuquerque, Ildegardis Bertol e Fabrício Tondello Barbosa pela contribuição e oportunidade de integrar as diferentes áreas do conhecimento.

Ao Professor José Miguel Reichert pela disposição em fazer parte da avaliação deste trabalho.

Aos bolsistas do Museu de Solos: Ricardo, Renan, Luis, Marciano, Juliano, Milena, Eduardo, Mayluce, Roberta e Marina, o meu muito obrigada.

Ao amigo Gustavo Eduardo Pereira, pela ajuda nas atividades práticas de laboratório.

À colaboração de Sabrina, Fernando e Jaime Junior em algumas fases importantes deste trabalho.

Ao meu amado filho Gustavo que sempre acreditou em minha capacidade e que dividiu seu tempo com livros e cadernos.

Ao meu marido Joel, pela ajuda, parceria e compreensão nos momentos difíceis.

Aos meus amados pais e irmãs que mesmo longe torcem e rezam por mim.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho.

Sinceros agradecimentos.





“Quanto mais aumenta nosso conhecimento,  
mais evidente fica nossa ignorância”.  
(John F. Kennedy)



## RESUMO

Informações sobre a germinação e desenvolvimento do capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees), uma espécie invasora exótica que tem ameaçado a diversidade dos Campos Sulinos, são fundamentais para implementar técnicas de prevenção e controle à invasão. Devido à escassez de informações na literatura sobre a espécie, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de solos derivados de diferentes materiais de origem, de níveis de compactação e de pHs sobre a germinação e desenvolvimento do capim-annoni. Para isso, foram conduzidos quatro estudos independentes, o primeiro em laboratório e os demais em casa de vegetação, nas dependências CAV/UDESC, no período de agosto de 2015 a março de 2017. Estudo I: testou-se a ocorrência ou ausência de dormência nas sementes de capim-annoni; estudo II: efeito dos solos desenvolvidos de arenito (202g kg<sup>-1</sup> de argila, 699g kg<sup>-1</sup> de areia), basalto (573g kg<sup>-1</sup> de argila e 215g kg<sup>-1</sup> de areia) e de basalto-arenito (306g kg<sup>-1</sup> de argila e 522g kg<sup>-1</sup> de areia); estudo III: efeito de três níveis de compactação (100%, 85% e 70%), nos solos do estudo II; e estudo IV: efeito de diferentes pHs do solo (4,8; 5,5 e 6,5). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições por tratamento. O teste F foi utilizado para identificar diferenças entre os tratamentos e o teste Tukey a 5% para comparação de médias. Os parâmetros avaliados foram: percentual de germinação de sementes, altura de plantas, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz e altura da última folha expandida. As sementes de capim-annoni, no lote considerado, não apresentaram mecanismos de dormência. A germinação das sementes de capim-annoni diferiu apenas no tratamento com diferentes pHs do solo, com menores índices de germinação no menor pH. O desenvolvimento do capim-annoni foi menor em solos derivados de basalto. O efeito da compactação foi verificado nos solos derivados de arenito, de forma que com aumento da compactação houve a redução de massa seca de parte aérea e massa seca de raiz, porém sem influenciar o comprimento da última folha expandida. Os parâmetros comprimento da última folha expandida e massa seca de raiz apresentaram os menores valores no solo com pH menor. Os resultados indicam que condições físicas e químicas contrastantes de solo podem influenciar a germinação e o desenvolvimento do capim-annoni, porém não impedem que a invasão ocorra. Assim, manter ou melhorar a qualidade dos solos garantindo às plantas cultiváveis e/ou nativas condições competitivas com essa espécie é fundamental para prevenir e controlar sua disseminação.

**Palavras-chave:** Plantas invasoras. Litologia. Compactação. Acidez do solo.



## ABSTRACT

Information about germination and development of South African love grass (*Eragrostis plana* Nees), an exotic invasive species that has threatened the diversity of the Southern Fields, are fundamental to implement invasion prevention and control techniques. Because the scarcity of information in literature on the species, it was aimed, with this work, evaluate the effect of soils derived from different source materials, compaction levels and pHs on the germination and development of annoni grass. For this, four independent studies were conducted, the first in the laboratory and the other in greenhouse, in the CAV/UDESC, from august 2015 to march 2017. Study I: the occurrence or absence of dormancy was tested in the seeds of annoni grass; Study II: effect of the developed soils of sandstone (202 g kg<sup>-1</sup> of clay, 699 g kg<sup>-1</sup> of sand), basalt (573g kg<sup>-1</sup> of clay e 215 g kg<sup>-1</sup> of sand) and basalt-sandstone (306g kg<sup>-1</sup> of clay e 522g kg<sup>-1</sup> of sand); Study III: effect of three levels of compaction (100%, 85% and 70%), in soils of study II; And study IV: effect of different soil pHs (4.8, 5.5 and 6.5). The experimental design was completely randomized with five replications per treatment. The F test was used to identify differences between treatments and the Tukey test at 5% for comparison of means. The parameters evaluated were: seed germination percentage, plant height, dry shoot mass, root dry mass and height of the last expanded leaf. The seeds of annoni grass in the lot considered did not present dormancy mechanisms. The germination of the annoni grass differed only in the treatment with different soil pHs, presenting lower germination indexes at the lower pH. The development of annoni grass was lower in soils derived from basalt. The effect of the compaction was verified in the soils derived from sandstone, so that with increased compaction there was a reduction of dry mass of aerial part and dry mass of roots, but without influencing the length of the last expanded leaf. The parameters length of the last expanded leaf and root dry mass presented the lower values in soil with minor pH. The results indicate that contrasting physical and chemical soil conditions may influence the germination and development of annoni grass, but they do not prevent the invasion from occurring. Thus, maintaining or improving soil quality by ensuring that cultivable and/or native plants compete with this species is critical to preventing and controlling their spread.

**Keywords:** Invasive plants. Lithology. Compression. Acidity of the soil.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema simplificado das relações funcionais entre compactação do solo e crescimento de plantas.....	43
Figura 2- Touceiras de capim-annoni para produção de sementes. ....	52
Figura 3 - a) Sementes de capim-annoni colocadas a germinar em caixa gerbox, b) caixas gerbox protegidas por sacos plásticos em câmara de fotoperíodo e temperatura controlados (BOD), c) plântulas germinadas.....	53
Figura 4 - Germinação das sementes de annonni em vasos com superfície dividida por telado onde: no lado não marcado foi semeada sementes dormentes e no lado marcado sementes com dormência superada.....	54
Figura 5 - Localização dos pontos de coleta no Planalto Médio, RS.....	58
Figura 6 - Aproximação dos locais coletados destacando os perfis P3 (arenito com basalto), P4 (basalto) e P5 (derivado do arenito).....	59
Figura 7 - Vasos com solos de diferentes materiais de origem. ....	65
Figura 8 - Altura das plantas de capim-annoni baseada na média de 8 leituras. ....	69
Figura 9 - Altura de plantas (cm vaso <sup>-1</sup> ) referentes a 8 avaliações realizadas após semeadura num solo derivado de arenito com diferentes níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017.....	80
Figura 10 - Altura de plantas (cm vaso <sup>-1</sup> ) referentes a 8 avaliações num solo derivado de basalto + arenito com diferentes níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	80
Figura 11 - Altura de plantas (cm vaso <sup>-1</sup> ) referentes a 8 avaliações num solo derivado de basalto com diferentes níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	81
Figura 12– Altura de plantas (cm vaso <sup>-1</sup> ) obtidas em 8 leituras, em diferentes pHs do solo. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	90





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Esquema de marcação dos vasos. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	49
Tabela 2 - Comparações de quatro diferentes métodos de superação de dormência de sementes de capim-annoni com o tratamento controle. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	55
Tabela 3 - Percentual de germinação de sementes (% plântulas normais) com e sem dormência superada em diferentes solos. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	56
Tabela 4 – Identificação e localização dos solos utilizados no experimento. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	65
Tabela 5 - Características dos perfis coletados para o experimento. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	65
Tabela 6 - Resultado da germinação de sementes de capim-annoni em solos de diferentes materiais de origem, 10 dias após a semeadura. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	67
Tabela 7 - Resultado da germinação de sementes de capim-annoni em solos de diferentes materiais de origem, 16 após a semeadura. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	67
Tabela 8 – Parâmetros avaliados aos 100 DAS para compreender o comportamento do capim-annoni em solos de diferentes materiais de origem. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	69
Tabela 9 - Níveis de compactação, densidade do solo e umidade volumétrica com o solo na capacidade de campo obtidas através do ensaio de Proctor Normal. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	74
Tabela 10 – Média geral do percentual de germinação em diferentes níveis de compactação do solo. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	75
Tabela 11 - Média geral da massa seca da parte aérea (g vaso <sup>-1</sup> ) obtidas com diferentes solos e níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	77
Tabela 12 - Massa seca de raiz (g vaso <sup>-1</sup> ) obtidas com diferentes solos e níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	78
Tabela 13 - Altura de plantas (cm vaso <sup>-1</sup> ) obtidas com diferentes solos e níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	79
Tabela 14 - Comprimento da última folha expandida do capim-annoni (cm vaso <sup>-1</sup> ) obtidas com diferentes solos e níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017. ....	82
Tabela 15 – Quantidade de calcário necessárias para elevar o pH em água do solo a 5,5, 6,0, 6,5, estimadas pelo índice SMP, CQFSRS/SC, 2004. ....	86

Tabela 16– Percentual de germinação em diferentes pHs do solo. UDESC, Lages-SC, 2017. ....88

Tabela 17 - Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), comprimento da última folha expandida (CUFE) e altura de plantas na 8ª semana após a semeadura (ALT) do capim-annoni obtida em diferentes pHs do solo. UDESC, Lages-SC. ....89

Tabela 18 – Ensaio de Proctor para o LATOSSOLO VERMELHO Distrófico húmico (P3). UDESC, Lages-SC, 2017. .... 120

Tabela 19 – Ensaio de Proctor para o LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico (P4). UDESC, Lages-SC, 2017. .... 120

Tabela 20 – Ensaio de Proctor para o LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (P5). UDESC. Lages-SC, 2017. .... 120



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
ALT	Altura da planta
AN	Argila Natural
ASE	Área superficial específica
AT	Argila total
B	Boro
BA	Bahia
C	Carbono
C4	Ciclo Hatch/Slack
Ca	Cálcio
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAV	Centro de Ciências Agroveterinárias
CQFS	Comissão de química e fertilidade do solo
CTC ef	Capacidade de troca de cátions efetiva
CTC	Capacidade de troca de cátions
Cu	Cobre
CUFE	Comprimento da última folha expandida
DAS	Dias após a semeadura
DF	Dormência fisiológica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
et al.	E outros
Fe	Ferro
FeSO <sub>4</sub>	Sulfato ferroso
GF	Grau de floculação
H <sup>+</sup>	Íons hidrogênio
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico
HCl	Ácido clorídrico
ICP	Espectrofotômetro de plasma induzido
K	Potássio
K <sup>+</sup>	Cátion Potássio
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Dicromato de potássio
KCl	Cloreto de potássio
KHC <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>4</sub>	biftalato ácido de potássio
Ki	Relação molar silício/alumínio
KNO <sub>3</sub>	Nitrato de potássio
Kr	Relação molar silício/(alumínio+ferro)
m%	Saturação por alumínio
Mg	Magnésio
MG	Minas Gerais
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
MS	Mato Grosso do Sul
MSPA	Massa seca da parte aérea
MSR	Massa seca de raiz
MT	Mato Grosso
N	Nitrogênio



Na	Sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cátion amônio
P	Fósforo
P3	Perfil 3 do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico húmico
P4	Perfil 4 do LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico
P5	Perfil 5 do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico
P-A	Padrão analítico
PA	Pará
pH	Potencial hidrogeniônico
PR	Estado do Paraná
RAS	Regras de Análise de Sementes
RS	Estado do Rio Grande do Sul
S	Soma de bases
SC	Estado de Santa Catarina
Si	Silício
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos
SP	São Paulo
SrCl <sub>2</sub>	Cloreto de estrôncio
T	CTC pH7
TFSA	Terra fina seca ao ar
TO	Tocantins
V%	Saturação por bases
Zn	Zinco





## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	31
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	33
2.1	ESPÉCIES INVASORAS.....	33
2.2	SUSCETIBILIDADE À INVASÃO DOS CAMPOS SULINOS.....	34
2.3	DORMÊNCIA DAS SEMENTES.....	36
2.4	A INFLUÊNCIA DO MATERIAL DE ORIGEM SOBRE ATRIBUTOS DO SOLO .....	37
2.5	O EFEITO DA COMPACTAÇÃO NA QUALIDADE DOS SOLOS E ESTABELECIMENTO DE PLANTAS .....	39
2.5.1	A qualidade do solo afetada pela compactação .....	39
2.5.2	A compactação dos solos e seus efeitos sobre germinação e desenvolvimento de plantas .....	41
2.6	O EFEITO DO pH DO SOLO SOB A GERMINAÇÃO (formação de uma plântula normal) E O DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS.....	43
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	47
4	ESTUDO I - TESTES DE SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA .....	51
4.1	INTRODUÇÃO .....	51
4.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	51
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.3.1	Teste de superação de dormência em substrato papel mata-borrão .....	55
4.3.2	Testes de superação de dormência em substrato solo .....	56
4.4	CONCLUSÃO.....	56
5	ESTUDO II – GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM-ANNONI EM SOLOS DE DIFERENTES MATERIAIS DE ORIGEM.....	57
5.1	INTRODUÇÃO .....	57
5.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	57
5.2.1	Solos coletados .....	57
5.2.2	Análises laboratoriais do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico húmico (P3) .....	60
5.2.2.1	Físicas .....	60
5.2.2.1.1	Textura do solo.....	60
5.2.2.1.2	Grau de floculação .....	60
5.2.2.2	Químicas .....	61
5.2.2.2.1	Carbono Orgânico total .....	61
5.2.2.2.2	pH em água.....	62
5.2.2.2.3	Acidez potencial (H+Al) .....	62
5.2.2.2.4	Cálcio, magnésio e alumínio trocável .....	62
5.2.2.2.5	Potássio e sódio .....	63

5.2.2.2.6	Óxidos de silício, ferro e alumínio.....	63
5.2.2.2.7	Outros parâmetros químicos .....	64
5.2.3	Montagem dos vasos .....	64
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
5.3.1	Percentuais de germinação do capim-annoni em diferentes materiais de origem .....	66
5.3.2	Desenvolvimento do capim-annoni em diferentes materiais de origem.....	68
5.4	CONCLUSÕES .....	70
6	ESTUDO III – EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM ANNONI .....	71
6.1	INTRODUÇÃO .....	71
6.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	72
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
6.3.1	Germinação do annoni em diferentes níveis de compactação .....	75
6.3.2	Crescimento do annoni com o aumento da densidade.....	76
6.3.2.1	Massa seca de parte aérea .....	76
6.3.2.2	Massa seca de raiz.....	78
6.3.2.3	Altura de plantas.....	79
6.3.2.4	Comprimento da última folha expandida (CUFE) .....	81
6.4	CONCLUSÕES .....	82
7	ESTUDO IV – EFEITO DO pH SOB A GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO CAPIM ANNONI .....	85
7.1	INTRODUÇÃO .....	85
7.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	86
7.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	87
7.3.1	Germinação do annoni em diferentes pHs do solo.....	87
7.3.2	Desenvolvimento do capim-annoni em diferentes pHs do solo .....	88
7.4	CONCLUSÕES .....	91
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	95
	APÊNDICES.....	111
	ANEXOS .....	145



## 1 INTRODUÇÃO

Originária da África do Sul, a espécie *Eragrostis plana* Nees, conhecida popularmente como capim-annoni, tem dominado diversas regiões dos biomas Pampa e Mata Atlântica na região Sul do Brasil.

Trazida acidentalmente no ano de 1950, logo “caiu no gosto dos pecuaristas” devido alta rusticidade, mesmo em ambientes inóspitos, e grande desenvolvimento de massa seca. Porém, estudos posteriores constataram problemas relacionados ao baixo valor nutricional da espécie, dificuldade de pastejo com desgaste prematuro dos dentes dos animais, devido alto teor de fibras nas folhas e colmos, além do difícil controle. Tais características substituíram a fama de “mocinho” pela de “vilão”, tornando o capim-annoni uma ameaça à diversidade dos chamados Campos Sulinos e a agropecuária nas regiões invadidas.

Desse modo, em 1979, o Ministério da Agricultura publicou a portaria nº 205 proibindo a comercialização, transporte e exportação de sementes e mudas de capim-annoni. Porém, ante a proibição considerada tardia, a espécie já havia se expandido em termos de ocupação de área, o que levou à redução das espécies endêmicas e da qualidade das pastagens.

Apesar dos mais de 60 anos de pesquisa, o controle desta planta ainda é um problema. Estudos direcionados ao controle químico, alelopatia e fisiologia da planta são os mais habituais. Poucos são os trabalhos que avaliam o efeito dos solos e de seus atributos sobre a germinação e o desenvolvimento do capim-annoni, e por fim, raras são as informações das relações solo/semente e solo/planta. Entretanto, estudos que enfatizem estas relações são fundamentais, uma vez que o solo é suporte à germinação e crescimento de plantas, e que características específicas como pH, compactação e material de origem influenciam diretamente o desempenho da maioria das espécies vegetais.

O capim-annoni, uma planta agressiva, capaz de se desenvolver em solos pobres, erodidos e degradados passou a ser uma incógnita à classe científica. O crescimento desta planta ocorre inclusive em locais de solo compactado como por exemplo, em beiras de estrada. Porém, não se tem informações da adaptação desta planta a esses locais.

A agressividade desta espécie pode estar relacionada a características morfo-fisiológicas ou à suscetibilidade do ambiente. Dentre as características da espécie, a dormência fisiológica que proporciona a formação do banco de sementes é um grande problema, já no que se refere a suscetibilidade do ambiente, o solo tem influência direta sendo o foco principal deste trabalho. Conhecer a variabilidade dos solos e seus efeitos sob o capim-annoni poderá contribuir para o desenvolvimento técnicas de controle e prevenção desta espécie.

Assim, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de solos de diferentes materiais de origem, níveis de compactação e pHs do solo sob a germinação e desenvolvimento do capim-annoni. A hipótese geral pressupõe que atributos físicos e químicos do solo não influenciam a germinação e desenvolvimento do capim-annoni. Os parâmetros avaliados foram percentual de germinação, altura de plantas, comprimento da última folha expandida, massa seca da parte aérea e massa seca de raízes.

Para desenvolver os objetivos propostos foram realizados quatro estudos independentes, sendo que no primeiro estudo foram realizados ensaios preliminares de superação de dormência da semente.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ESPÉCIES INVASORAS

Espécie invasora exótica pode ser definida como uma espécie não nativa, cuja introdução venha a alterar o funcionamento ou serviços do ecossistema causando prejuízos ambientais e econômicos (MMONEY; HOBBS, 2000; ESPÍNDOLA et al., 2005). Possuem elevado potencial de dispersão, colonização e dominação dos ambientes invadidos, criando uma pressão de seleção e até mesmo exclusão de espécies nativas. Quando ocorre a dominância de uma comunidade invadida vários fatores acabam sendo modificados como a ciclagem de nutrientes, composição de raízes, microclima, disponibilidade de água, recursos para fauna, características de solo entre outras (D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992).

A invasão de espécies muito adaptáveis e competitivas sobre áreas distintas do globo terrestre tende a empobrecer e homogeneizar os ecossistemas, e hoje, é a segunda maior ameaça à perda de espécies nativas, atrás apenas da redução/degradação de habitats. As invasoras, além de serem responsáveis por declínios populacionais e extinções, favorecem a disseminação de doenças e pragas e também acarretam prejuízos para colheitas, degradam florestas, solos e pastagens (PIMENTEL et al., 2005).

O manejo das plantas consideradas pragas é muito difícil devido à estreita relação e proximidade com as plantas nativas. Consiste, geralmente, em intervenções para afetar taxas de crescimento, sobrevivência e fecundidade, com intuito de diminuir sua abundância, controlar sua expansão e disseminação (WITTENBERG; COCK, 2001).

Antes da revolução agrícola, o controle de plantas invasoras era feito com queimadas e rotação de culturas. Após a revolução, a utilização de máquinas agrícolas fez o controle passar a ser realizado durante o preparo do solo, que soterrava sementes através de gradagem e aração. Entretanto, essas técnicas que envolvem a mobilização dos solos também caíram em desuso com a descoberta dos malefícios decorrentes da exposição dos solos tropicais e subtropicais, dando lugar a técnicas de semeadura direta que minimizam o revolvimento do solo. Com o advento do sistema de semeadura direta os métodos de controle restringiram-se à aplicação de herbicidas de “baixa toxicidade”, o que também tem sido debatido devido a contaminações dos

recursos hídricos, prejuízos à fauna edáfica, aos polinizadores e às plantas não alvo, além do surgimento de mecanismos de resistência das plantas aos herbicidas (NAVE et al., 2009).

## 2.2 SUSCETIBILIDADE À INVASÃO DOS CAMPOS SULINOS

Os Campos Sulinos abrangem os estados do RS, SC e PR e caracterizam-se pela grande diversidade vegetal. Suas mais de 3000 espécies (PILLAR; LANGE, 2015) constituem a principal fonte forrageira para a pecuária; porém, os campos têm sido ameaçados pela conversão em culturas anuais, silvicultura e degradação que também está associada à invasão de espécies exóticas (HASENACK et al., 2007).

Estimativas feitas para a primeira década do século XXI indicaram que ainda restavam cerca de 95.519 km<sup>2</sup> de campos nativos, ou seja, 43% do que havia originalmente. Atualmente, dos poucos remanescentes campestres que ainda restam, perdem-se alguns milhares de hectares a cada ano (PILLAR; LANGE, 2015).

A vegetação natural quando substituída, provoca alterações na estrutura original do solo devido à redução da diversidade de raízes, a atividade macro e microbiana e menores incrementos de matéria orgânica (SALTON et al., 2008). Estas alterações podem aumentar as perdas por erosão, causar selamento superficial e alterar as propriedades químicas do solo provocando um menor desenvolvimento das plantas nativas e contribuindo para o estabelecimento e disseminação de espécies exóticas invasoras como o capim-annoni, por exemplo (ZILLER, 2001).

O capim-annoni pertence à família Poaceae, é perene, estival, cespitosa, apresenta a base da bainha lisa, achatada e brilhante, colmos eretos e perfilhos muito próximos que formam touceiras fortemente enraizadas, podendo atingir 140 cm (BOLDRINI; KAMPF, 1977). Sua rota fotossintética é C4. O florescimento ocorre na primavera/verão, época em que as pequenas e leves sementes caem sobre o solo formando um banco de sementes que pode permanecer viável por mais de 5 anos (MEDEIROS et al., 2005).

A perda da vegetação natural ocasiona a abertura de clareiras no solo aumentando a suscetibilidade deste a erosão. Solos naturalmente frágeis tem mais tendência a degradação e conseqüentemente maior risco de invasão por espécies exóticas (BOLDRINI; KAMPF, 1977). Boldrini et al. (2010) estimam que o capim-annoni tenha

invadido mais de um milhão de hectares do Bioma Pampa, desde sua primeira detecção em 1950, com perdas em um período de 10 anos (1996-2006) de US\$ 88.500.000,00 somente devido a incapacidade de se produzir nestas áreas invadidas (MEDEIROS; FOCHT, 2007).

No estado de SC, as formações campestres próximas a fragmentos do Bioma Mata Atlântica ou os chamados Campos de Cima da Serra, também tem sido invadidos pelo *annoni*, no entanto ainda não há estimativas do percentual de áreas afetadas. Os solos desta região, em geral, são bastante rasos, com pH ácido, úmidos, extremamente pobres e deficientes em oxigênio, recebendo pouca luz, devido à absorção dos raios solares pelo estrato arbóreo (RESENDE et al., 2002). Tais características aumentam as chances de desbarrancamento e erosão, eventos bastante comuns na Floresta Atlântica. O ciclo de deslizamentos e de erosões nas partes mais altas e a deposição de material nas partes baixas promovem a renovação do solo, desnudando as encostas (FONTOLAN et al., 2013) formando clareiras e dando espaço para o início de novas associações, inclusive com espécies exóticas como o *annoni* (ROCHA; COSTA, 1998).

Apesar da invasão do *annoni* ser considerada um fenômeno de larga escala geográfica, com presença registrada em vários estados do Brasil como MG, BA, SP, MS, MT, TO, PA e Distrito Federal (INSTITUTO HÓRUS, 2005), poucas técnicas de controle tem sido desenvolvidas.

Pesquisadores relatam que a pressão de seleção poderia ser reduzida se fosse utilizada múltiplas técnicas de controle ecológico de invasoras dentro de um sistema de plantio diversificado, o que evitaria uma possível adaptação destas ao manejo (DEKKER, 1997, SHELEY; KRUEGER-MANGOLD, 2003). Também destacam a utilização de sistemas de cultivo conservacionistas visando desenvolvimento de ambientes complexos e equilibrados com melhor aproveitamento do espaço disponível, o que reduziria a capacidade de invasão (HOBBS; HUENNEKE, 1992).

Assim, compreender como o capim *annoni* se comporta em solos com diferentes propriedades físicas e químicas poderá gerar subsídios para implementação de técnicas de controle e prevenção desta espécie.



## 2.3 DORMÊNCIA DAS SEMENTES

Sementes que apresentam suspensão temporária da germinação, mesmo estando hidratadas e sob condições favoráveis de temperatura são consideradas dormentes (BEWLEY; BLACK, 1994). A dormência das sementes pode ser induzida durante seu desenvolvimento, sendo afetada pela luz, temperatura, umidade e pelas condições nutricionais da planta (TAKAHOSHI, 1995). A dormência possui importante significado ecológico, pois distribui a germinação no tempo, através da variação da intensidade do fenômeno, até mesmo entre sementes de uma mesma planta. Isso permite que inúmeras espécies vegetais sobrevivam às adversidades, sobretudo aquelas que dificultam ou impeçam o seu crescimento vegetativo e reprodutivo (POPINIGIS, 1977).

A dormência pode ser classificada com base na origem em dois tipos: dormência primária, quando os mecanismos de dormência ocorrem ainda na planta-mãe; e secundária, quando os mecanismos de estabelecimento da dormência ocorrem após a dispersão das sementes. A ocorrência desses dois tipos de dormência é comum em plantas daninhas (VIVIAN et al., 2008).

A dormência pode também ser classificada com base nos mecanismos de dormência. A pesquisadora russa Nikolaeva (BASKIN; BASKIN, 1998), propõe um sistema que divide a dormência do embrião (endógena), em fisiológica, morfológica e morfofisiológica, e a dormência imposta pelos envoltórios (exógena), em física, química e mecânica.

A dormência fisiológica (DF), que ocorre quando o embrião apresenta algum mecanismo fisiológico específico que impeça a protusão da raiz primária, é regulada basicamente em níveis metabólico e gênico. Essa classe é dividida em três níveis – profundo, intermediário e não profundo – sendo a DF profunda caracterizada pela incapacidade do embrião isolado em produzir uma plântula normal, enquanto que nos níveis intermediário e não profundo, a excisão do embrião é suficiente para fazê-lo desenvolver-se e produzir uma plântula normal.

As diferenças entre os níveis intermediários e não profundo referem-se basicamente aos tratamentos necessários para se quebrar a dormência. A DF intermediária, por exemplo, requer um período de estratificação a frio de 2 a 3 meses, podendo chegar a 6 meses em algumas espécies; enquanto que na DF não profunda, períodos

relativamente curtos de estratificação (variando de 5 a 90 dias dependendo da espécie) podem ser suficientes para a quebra da dormência. Além disso, em algumas espécies a DF não profunda pode ser interrompida com exposição a temperaturas mais elevadas ( $\geq 15^{\circ}\text{C}$ ) do que aquelas empregadas normalmente na estratificação a frio ( $4 - 6^{\circ}\text{C}$ ) (BASKIN; BASKIN, 1998). A DF não profunda também pode ser dividida em tipos 1, 2, 3, 4 e 5. Nos tipos 1, 2 e 3, à medida que as sementes vão se tornando menos dormentes, a faixa térmica na qual elas são capazes de germinar aumenta gradativamente de temperaturas baixas para mais elevadas (tipo 1), de temperaturas elevadas para baixas (tipo 2), ou de temperaturas medianas para ambos os extremos (tipo 3) (BASKIN; BASKIN, 2004). Já os tipos 4 e 5 não apresentam esse aumento progressivo da faixa térmica; o processo de quebra de dormência simplesmente faz com que sementes do tipo 4 passem a germinar apenas em temperaturas elevadas, enquanto que o tipo 5 germina apenas em temperaturas baixas (BASKIN; BASKIN, 2004).

Cardoso (2009) afirma que sementes dormentes apresentam algum bloqueio interno à germinação que deve ser superado por intermédio de um processo conhecido como pós-maturação ou quebra de dormência, para que então a semente fique apta a germinar. Existem vários tratamentos de superação de dormência para o gênero *Eragrostis*, os quais encontram-se descritos nas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009) e serão abordados no estudo I.

## 2.4 A INFLUÊNCIA DO MATERIAL DE ORIGEM SOBRE ATRIBUTOS DO SOLO

A natureza do material originário está intimamente relacionada com o caráter das rochas primitivas, entretanto, como o solo é o resultado da ação conjunta dos fatores climáticos, biológicos, relevo e tempo que atuam sobre o material originário (DOKUCHAEV, 1900), solos derivados do mesmo material de origem, ao sofrer processos intensos de intemperismo podem apresentar características distintas, bem como solos de diferentes origens podem apresentar características semelhantes. Isso de certa forma mostra que caracterizar solos apenas pelo material de origem pode não ser eficiente havendo a necessidade de considerar também as características correlacionadas.

Jenny (1941), assim como Dokuchaev (1900), afirma que as propriedades do solo são dependentes dos fatores de formação. Assim, o solo é resultado da ação conjunta desses fatores de formação e algumas características tendem a permanecer constantes, inclusive mediante intensos processos de intemperismo. Solos desenvolvidos de basalto, por exemplo, geralmente possuem textura afanítica e minerais menos resistentes ao intemperismo como plagioclásios e piroxênios (BUCKMAN; BRADY, 1989), já os solos originários de arenito tem textura mais grosseira, estrutura mais fraca, composição mineralógica bastante resistente ao intemperismo devido a presença de quartzo (RESENDE et al., 2007).

A granulometria do solo, definida como a proporção relativa das partículas de areia (2mm - 0,05mm), silte (0,05 - 0,002mm) e argila (<0,002mm), tem grande importância no comportamento dos solos. Juntamente ao grau de consolidação e a composição das rochas, influencia algumas propriedades importantes do solo como CTC, retenção e disponibilidade de água, além de seu comportamento como por exemplo de expansão/contração da massa de solo, suscetibilidade a erosão e a compactação, (RESENDE et al., 2007).

Outras propriedades como a porosidade e estrutura também podem ser influenciadas pela granulometria de um solo. Solos argilosos derivados de rochas basálticas por exemplo, contém muitas partículas menores que 0,002mm e grande microporosidade (poros menores que 0,05mm de diâmetro), ou seja, poros pequenos responsáveis pela retenção de água no solo por adsorção e capilaridade, entretanto podem também apresentar grande macroporosidade (horizonte B dos Latossolos) devido a presença de agentes cimentantes como óxidos de ferro e alumínio. Por outro lado, solos arenosos, constituídos por muitas partículas maiores que 0,05mm, tem macroporosidade dominante (poros maiores que 0,05mm de diâmetro). Poros grandes são responsáveis pelos movimentos de água e ar no solo (RESENDE et al., 2014), e assim, quanto maior o diâmetro de poros maior a taxa de infiltração de água e aeração. A baixa proporção de argila e agentes cimentantes em solos arenosos origina solos pouco estruturados fisicamente com altos potenciais a erosão (RIBEIRO et al., 1999).

Com relação as propriedades químicas dos solos, o material de origem, o clima e o tempo de formação são de suma importância. Por exemplo, solos mais jovens (menos intemperizados), derivados de basalto, geralmente apresentam boa fertilidade química, enquanto que solos mais velhos (mais intemperizados) com muitos óxidos

de ferro e alumínio, apresentam baixa fertilidade natural; já os solos desenvolvidos de arenito são altamente dependentes da presença de matéria orgânica e dos agentes cimentantes que consolidaram os sedimentos. Além disso, o clima também contribui diretamente com as propriedades químicas dos solos, podendo em regiões de precipitação elevada ocorrer altas taxas de lixiviação de nutrientes originando solos pobres quimicamente (RESENDE et al., 2014).

Diferenças nas características dos solos podem afetar a germinação e o desenvolvimento de plantas, pois estão diretamente relacionadas a fatores importantes como temperatura do solo, luz, oxigênio e disponibilidade de água. A germinação por exemplo, que inicia-se a partir de processos de embebição da semente, depende da disponibilidade de água do solo. Assim solos com maior quantidade de água disponível poderiam promover a aceleração dos processos de germinação (POPINIGIS, 1977).

O efeito do solo sobre a germinação pode também estar relacionado a maior área de contato solo/semente. Assim solos mais argilosos, por terem maior área de contato com as sementes, poderiam proporcionar um leito mais adequado a estas, com mais rápida embebição de água, e maior velocidade de germinação (SCHNEIDER; GUPTA, 1985).

Quanto ao desenvolvimento de plantas, um solo pode ser considerado ideal quando apresenta boa retenção de água, bom arejamento, bom suprimento de calor, pouca resistência ao crescimento radicular (REICHERT et al., 2009) e boas características químicas. Entretanto, como a planta considerada neste estudo mostra-se eficiente mesmo em ambientes considerados não ideais ou extremos, resolveu-se testar o efeito de diferentes materiais de origem do solo, fixando fatores como temperatura, clima, água, além da eliminação da competição intraespecífica e interespecífica.

## 2.5 O EFEITO DA COMPACTAÇÃO NA QUALIDADE DOS SOLOS E ESTABELECIMENTO DE PLANTAS

### 2.5.1 A qualidade do solo afetada pela compactação

A compactação do solo associada à degradação biológica e química é uma das principais causas da degradação de solos, levando a perdas de qualidade, capacidade

de uso, regulação de fluxos de energia e matéria do ambiente além de prejudicar o crescimento da maioria das plantas nativas e/ou cultiváveis (REICHERT et al., 2007). Os efeitos da compactação são evidenciados pelo aumento na densidade, redução na porosidade total e infiltração de água (DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996) além da restrição ao fluxo de gases (HAMZA; ANDERSON, 2005).

A compactação dos solos ocorre quando a pressão aplicada por rodados de máquinas e, ou, pisoteio animal ultrapassam a capacidade de suporte de carga, gerando deformações plásticas na estrutura do solo. A magnitude dessas deformações depende de fatores extrínsecos como tipo e massa das máquinas, de rodados e pneus, carga sobre pneus, pressão de insuflagem, velocidade de deslocamento e tipo de cobertura vegetal (ZHAO et al., 2010), e dos fatores intrínsecos do solo, como densidade inicial, conteúdo de água, teor de argila, agregação, mineralogia (AJAYI et al., 2009) e matéria orgânica (BRAIDA et al., 2008).

A magnitude e o local da compactação em um perfil de solo também dependem da intensidade e dos sistemas de manejo efetuados. Solos sob sistemas de semeadura direta geralmente são mais compactados em camadas superficiais, enquanto solos sob plantio convencional, abaixo da camada arável (CINTRA; MIELNICZUKL, 1983).

A densidade dos solos pode ser influenciada pela proporção de espaço poroso em relação ao volume de sólidos, assim qualquer fator que interfira no espaço poroso como a textura por exemplo (ENDERSON; TAYLOR, 1959, SILVA et al., 2000, STONE; EKWUE, 1993) afetará a densidade do solo. Sá e Junior (2005) afirmam que os solos arenosos apresentam valores de densidade naturalmente mais elevados em relação aos solos argilosos, assim a densidade de  $1,5 \text{ g cm}^{-3}$ , em um solo argiloso pode significar um elevado grau de compactação, enquanto que em um solo arenoso não significa este problema.

Valores de densidade dos solos associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de  $1,65 \text{ g cm}^{-3}$  para solos arenosos e  $1,45 \text{ g cm}^{-3}$  para solos argilosos (REINERT, 2001). Em solos arenosos, as partículas sólidas estão menos predispostas a formarem agregados, diferentemente dos solos de textura mais fina como os solos

argilosos que tendem a se organizar em unidades estruturais com espaço poroso entre agregados, e no interior destes, garantindo um alto espaço poroso total e baixa densidade (BRADY; WEIL, 2013).

Assim, para elaborar um experimento de compactação é importante conhecer a densidade máxima e a umidade ótima de compactação de cada solo, possibilitando criar ambientes compactados e testar o comportamento das sementes e plantas nestas condições.

### **2.5.2 A compactação dos solos e seus efeitos sobre germinação e desenvolvimento de plantas**

O processo de germinação envolve três etapas: a primeira, de embebição, um processo físico em que a absorção de água é governada pelo conteúdo do endosperma; a segunda consiste de uma ação enzimática dos componentes do endosperma e do início das atividades meristemáticas, quando as sementes praticamente não absorvem água; e a terceira em que emerge a radícula através da cutícula, exige alta demanda de água (BEWLEY; BLACK, 1994). Este processo depende também da composição química da semente, da permeabilidade do tegumento à água, da disponibilidade de água no estado líquido ou gasoso no solo, da temperatura (CAMARGO, 1982), da área de contato da semente com o substrato e do teor de água inicial das sementes (VERTUCCI; LEOPOLDO, 1983). Dentre os fatores físicos do solo, Hauser (1986), afirma que o conteúdo de água do solo é o maior controlador da germinação e crescimento das plântulas, seguido da temperatura e do grau de contato entre a semente e a água dos capilares do solo.

Assim, a disponibilidade de água é um dos fatores que mais contribui à germinação de sementes, e seu déficit, uma das causas mais comuns da baixa germinação (MORAES; MENEZES, 2003). Entretanto, outros fatores como encrostamento superficial do solo, salinidade e suprimento de oxigênio também podem causar menores índices de germinação (HILLEL, 1972).

Silva et al. (1990), trabalhando com feijoeiro em diferentes níveis de compactação, observaram que a velocidade de emergência das plantas foi afetada pelas pressões de compactação. À medida que a compactação aumentou, as plântulas tiveram sua emergência retardada e diminuída. O mesmo não foi encontrado por Furlani et al.

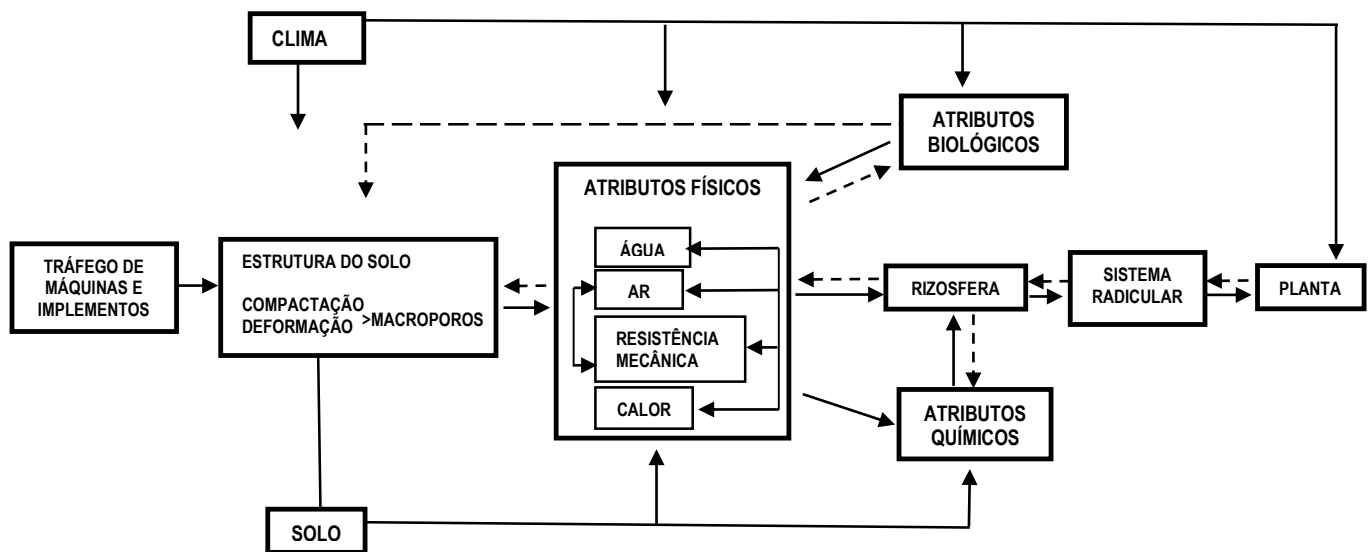
(2001) quando trabalharam com a cultura do milho em quatro níveis de compactação e três profundidades de semeadura.

Quanto ao desenvolvimento de plantas, sabe-se que a compactação dos solos com menor umidade, pode reduzir o crescimento radicular devido ao aumento da força de coesão das partículas do solo e da resistência a penetração, e a redução da pressão hidrostática das células das raízes, com consequente redução da força da coifa e da região meristemática para superar a resistência do solo. (HAMZA; ANDERSON, 2005). O alongamento radicular no solo só é possível quando a pressão radicular é maior que a impedância mecânica. Existem, ainda, outros fatores interrelacionados que influenciam no crescimento radicular, como a continuidade dos macroporos, a fertilidade química, a presença de microorganismos patogênicos ou simbióticos nos macroporos, a oxigenação do solo e a quantidade de água disponível (PASSIOURA, 1991).

Assim, os fatores que mais afetam o desenvolvimento normal das raízes em solos compactados são: ausência de macroporos e fendas; baixa concentração de oxigênio com redução da taxa de difusão de oxigênio e de nutrientes para as raízes (COSTA, 1998; RIBEIRO, 1999); excesso de água durante as chuvas e deficiência nos períodos secos; variação na disponibilidade de nutrientes; presença de substâncias tóxicas, como manganês, dióxido de carbono e alumínio (CORSINI, 1979) e redução do teor de N mineralizado (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

A figura 1, apresenta uma ideia do complexo sistema que regula as relações entre a compactação do solo e o crescimento das plantas. Nela observa-se que o tráfego de máquinas e implementos, quando efetuado em condição de umidade acima do ponto de friabilidade, provoca alterações no arranjo das partículas do solo, diminuindo, geralmente, o volume ocupado por determinada massa de solo e o tamanho dos poros do solo que permitem livre circulação de ar e água, os chamados macroporos. Por conseguinte, outros atributos físicos do solo como aeração, temperatura e resistência mecânica à penetração são modificados, afetando também atributos químicos (disponibilidade dos nutrientes para as plantas), biológicos (condições do solo para desenvolvimento de microrganismos) e a rizosfera. No final do processo, encontra-se a planta, que será o retrato do sistema de manejo adotado (CAMARGO; ALLEONI, 2006).

Figura 1 - Esquema simplificado das relações funcionais entre compactação do solo e crescimento de plantas.



Fonte: Boone, 1986.

Em solo seco, quando o número de macroporos é reduzido e a densidade aumentada, ocorre um aumento na resistência física ao crescimento das raízes e decréscimo no potencial de água. Já em solo úmido, a redução de macroporos resulta em falta de oxigênio e elevada concentração de etileno na zona radicular, devido à menor aeração (MARSCHNER, 1995). Apesar de todos os problemas causados pelo aumento da densidade do solo, cada espécie responde diferentemente à compactação (FOLONI et al., 2006) modificando sua área foliar, produção de matéria seca da parte aérea e de raízes e altura de plantas, (SILVA et al., 2006).

## 2.6 O EFEITO DO pH DO SOLO SOB A GERMINAÇÃO (FORMAÇÃO DE UMA PLÂNTULA NORMAL) E O DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS

O pH do solo é de extrema importância, pois determina a disponibilidade dos nutrientes contidos no solo ou a ele adicionados e também assimilação dos nutrientes pelas plantas (MEURER, 2007).

O aumento do pH do solo envolve uma série de reações, principalmente precipitações, troca de cátions e adsorção química de ânions, além de alterações da solubilidade de determinadas formas de minerais presentes no solo, no potencial redox,



na dissociação de ácidos e bases e na decomposição da matéria orgânica, com reflexos na composição da solução do solo e consequentemente no desenvolvimento vegetal (ERNANI et al., 2008). A acidez do solo afeta a atividade microbiana, as cargas elétricas, a disponibilidade de nutrientes e a fitotoxidez por Mn e Al. (ERNANI; ALMEIDA, 1986).

Em suma, nutrientes como Ca, Mg, N, S, Mo e P geralmente estão menos disponíveis na solução do solo em valores baixos de pH, enquanto outros como Al, K, Fe, Cu, B, Mn e Zn mostram comportamento inverso (ALCARDE et al., 1991)

A acidez do solo pode afetar germinação das sementes (formação de plântula normal), no entanto são limitados os trabalhos que tratam deste assunto, especialmente quando se trata de plantas daninhas. Estudos mostram o efeito negativo do pH, principalmente em meios extremamente ácidos ou alcalinos (BATRA; KUMAR, 1993), com menor efeito entre pHs 4,0 e 8,0. Também em um trabalho desenvolvido por Everitt (1983), foi constatado que a germinação das sementes de duas leguminosas foi inibida em condições de pH igual ou inferior a 2 e igual ou superior a 12, não tendo sido relatados efeitos negativos para valores de pH no intervalo de 3,0 a 11,0.

Souza Filho et al. (1998, 2001) não observaram variações na germinação das plantas daninhas *Urena lobata*, *Cassia tora*, *Mimosa pudica* e *Ipomoea asarifolia* em pHs 3,0; 5,0; 7,0; 9,0 e 11,0. Em oposição a isso, Monquero et al. (2012), trabalhando com capim camalote (*Rottboellia exaltata* L.f), verificaram maior porcentagem de emergência no solo com pH de 6,7 (63%) e menor emergência em solo não corrigido, com pH de 5,4 (44%).

Quanto ao desenvolvimento de plantas, vários experimentos relatam que o solo corrigido exerce influência direta na massa seca de parte aérea (MONQUERO et al., 2012; AMARANTE et al., 2007), altura das plantas (SOUZA FILHO et al., 2000) e massa seca de raiz (TAIZ; ZEIGER, 2002).

Smyth e Cravo (1992), avaliando a eficiência de calcário e gesso em diferentes culturas observaram estreita correlação entre a produtividade e a relação Ca/Al trocáveis do solo, encontrando um valor crítico de 0,42 para obtenção da máxima produtividade. Assim, a produtividade não seria afetada pelo Al trocável, desde que a relação Ca/Al fosse alta. Neste mesmo estudo, observaram que, para diferentes espécies existem diferentes níveis críticos de saturação por Al, um indicativo da necessidade de conhecer o comportamento de cada espécie.

O aumento na concentração do Ca, em decorrência da calagem pode elevar a produção de matéria seca, pois o Ca participa como ativador enzimático no processo de crescimento da membrana plasmática das células, isto através de bombas de  $\text{Ca}^{+2}$  situadas entre o tonoplasto e a membrana (TAIZ; ZEIGER 1991). Os ganhos na produção de matéria seca podem também ser influenciados pelo  $\text{Mg}^{+2}$  que participa estruturalmente da molécula de clorofila, importantíssima na maquinaria fotossintética da planta (MENGEL; KIRKBY, 1987).

No entanto existem algumas espécies de plantas nativas que se desenvolvem melhor em solos ácidos,  $\text{pH} < 4,0$ , e na presença de alto teor de  $\text{Al}^{+3}$  trocável,  $> 20,0 \text{ mmol.kg}^{-1}$ . Como exemplo tem-se: a araucária, erva-mate, samambaia, xaxim e outros (CARVALHAL; MIYAZAWA, 2009).

Ernani et al. (2001), avaliando em dois solos (Latossolo e Cambissolo) os efeitos da calagem no rendimento de matéria seca de dezesseis plantas de cobertura, observaram que dez das dezesseis espécies não apresentaram aumento no rendimento de matéria seca com o aumento do pH, em pelo menos um dos solos, e somente cinco espécies responderam à calagem de forma semelhante nos dois solos. Além disso, verificaram que o pH no qual as espécies tiveram a produção máxima de matéria seca foi igual ou inferior a 5,5 em qualquer dos solos e foi normalmente menor no Cambissolo do que no Latossolo, provavelmente pelo efeito benéfico da matéria orgânica em minimizar a toxidez do Al. Assim, algumas plantas podem incorporar tolerância genética à acidez, com capacidade de adaptação a baixos valores de pH. Essa capacidade de adaptação pode aumentar ainda mais com o aumento dos teores de matéria orgânica, que geralmente não ocorre em solos degradados, e de P disponível no solo, que, devido a grandes quantidades de fertilizantes recebidas no passado, pode ter ocorrido (VIDOR; FREIRE, 1972; ERNANI et al., 2000).

Quando se avalia outros parâmetros de desenvolvimento, como, por exemplo, a altura de plantas, os resultados assemelham-se aos acima descritos, ou seja, a elevação do pH geralmente tem efeito positivo, devido aos fatores já mencionados anteriormente. Entretanto, algumas exceções ocorrem: a pastagem natural por exemplo, apresenta menor sensibilidade a acidez do solo e menor resposta a calagem do que a cultura de grãos (CQFS-RS/SC, 2004). No que diz respeito a plantas invasoras, as informações sobre aumento na altura de plantas são ainda mais restritas. No geral tais plantas toleram e adaptam-se a variações no pH do solos, sem efeito positivo da

calagem sobre a altura ou comprimento da última folha expandida (SOUZA FILHO, 2010).

Quanto ao efeito do pH do solo sob o desenvolvimento do sistema radicular, sabe-se que, geralmente, altas concentrações de  $Al^{+3}$  inibem o crescimento das raízes com consequências negativas na absorção de água e de nutrientes assim como no desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2002). Além disso, a redução do sistema radicular afeta a absorção, principalmente de P, já que este nutriente se movimenta no solo por difusão (ERNANI et al., 1986; ERNANI et al., 2000). Quando o pH atinge valores superiores a 5,4 - 5,5, praticamente todo o Al precipita e o Mn diminui a níveis não tóxicos (ERNANI; ALMEIDA, 1986).

Assim, embora o sistema radicular esteja sob controle genético, o seu crescimento é influenciado por fatores químicos, físicos e biológicos do solo (TAYLOR; ARKIN, 1981), além da temperatura, estresse hídrico e de práticas culturais, como a aplicação de calcário e fertilizantes (ROSOLEM, 1996; FAGERIA; STONE, 1999).

Apesar da importância de se conhecer o comportamento do sistema radicular das plantas cultivadas, ainda são escassos os estudos de quantificação de raízes, pelo fato de envolver a utilização de métodos trabalhosos e dispendiosos.

Além disso, de acordo com Silva et al. (2000), estudos existentes sobre sistema radicular de plantas forrageiras tropicais poucas vezes são conclusivos, quando interpretados por estatística. Isso se deve à grande variabilidade dos dados, fazendo com que o coeficiente de variação apresente altos valores.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta pesquisa foram realizados quatro estudos. O primeiro deles (Estudo I), considerado preliminar, foi com o intuito de identificar o melhor método para superar a dormência do lote de sementes utilizado. Após este, realizaram-se outros três estudos (II, III e IV) para avaliar a influência do solo na germinação e desenvolvimento de plantas de capim-annoni.

Na presente seção buscou-se descrever sucintamente as metodologias comuns aos quatro estudos. Posteriormente, em cada estudo específico ter-se-á a descrição detalhada dos materiais e métodos.

Os estudos foram realizados no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV/UDESC) no município de Lages (SC), no período de agosto de 2015 a fevereiro de 2017. O estudo com solos em casa de vegetação foi efetuado no período de novembro de 2016 a fevereiro de 2017.

No estudo II, foi avaliado a influência de diferentes materiais de origem sobre a germinação e o desenvolvimento do capim-annoni. Para isso, foram utilizados três solos de diferentes litologias; o primeiro, derivado de basalto, o segundo de arenito e o terceiro, arenito+basalto. No estudo III, foram semeadas sementes de capim-annoni nos mesmos solos, porém, compactados em diferentes níveis. Por fim, no estudo IV, foram avaliados a germinação e o desenvolvimento do annoni em um solo submetido a diferentes pHs (4,5; 5,5; e 6,5).

O solo utilizado para preenchimento dos vasos foi coletado na camada superficial (0-20 cm de profundidade) dos três solos de diferentes litologias acima descritos. Após o preparo dos vasos, na superfície do solo, foram semeadas 60 sementes de annoni e avaliados o percentual de sementes germinadas no 10º e 16º dia depois a semeadura. Após as avaliações da germinação, foram mantidas apenas 10 plantas por vaso com a finalidade de evitar a competição intraespecífica nas unidades amostrais. Porém, a aproximadamente dois meses depois do primeiro desbaste, foi observado a necessidade de reduzir ainda mais a densidade de plantas no vaso, sendo mantidas apenas as cinco plantas de maior altura. Os parâmetros avaliados, relativos ao desenvolvimento foram, a altura de plantas, a massa seca da parte aérea, a massa seca de raízes e o comprimento da última folha expandida.

A primeira avaliação da altura de plantas foi realizada aos 17 dias após a semeadura (DAS), no dia 28 de novembro de 2016 e a última aos 83 DAS (2 de fevereiro de 2017), totalizando 8 avaliações de altura. As medidas foram tomadas com o auxílio de uma régua graduada, sendo mensurada a distância da superfície do solo até a ponta da folha de maior comprimento. O comprimento da última folha expandida, medida da ponta da folha mais jovem até sua lígula, foi realizado apenas ao final do experimento (100 DAS). Para obtenção da massa seca de raízes e da parte aérea, a planta foi lavada, seca ao ar e cortada na região do colo. Cada uma destas partes foi acondicionada em saco de papel, pesada e mantida em estufa com circulação de ar a temperatura de 60°C até atingir massa constante.

Os tratamentos foram irrigados individualmente a cada dois dias até atingir 80% da capacidade de campo. A 100% da capacidade de campo, a porosidade de aeração é mais adequada para a maioria dos microrganismos aeróbios e para o crescimento da maioria das plantas, entretanto, para o annoni a germinação e o desenvolvimento pode ser desfavorecido em teores de água muito elevados (PEREIRA, 2015).

Por isso, com a finalidade de evitar problemas de germinação, desenvolvimento e ao mesmo tempo, evitar que a planta tenha maiores gastos de energia na absorção de água (PRIMAVESI, 1999), escolheu-se manter os vasos a 80% da capacidade de campo. Os vasos foram pesados, irrigados e trocados de lugar aleatoriamente a cada dois dias, configurando um delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) por meio do programa computacional R (versão 3.3.1). Os gráficos foram elaborados no programa Sigma Plot (versão 10.0). O esquema dos tratamentos pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Esquema de marcação dos vasos. UDESC, Lages-SC, 2017.

TRATAMENTOS		Repetições			
pH					
4,4	A1	A2	A3	A4	A5
5,5	B1	B2	B3	B4	B5
6,5	D1	D2	D3	D4	D5
MATERIAL DE ORIGEM		Repetições			
ARENOSO (P5)	E1	E2	E3	E4	E5
ARENITO + BASALTO (P3)	F1	F2	F3	F4	F5
MUITO ARGILOSO (P4)	G1	G2	G3	G4	G5
COMPACTAÇÕES					
ARENITO + BASALTO (P3)	Repetições				
100%	H1	H2	H3	H4	H5
70%	I1	I2	I3	I4	I5
85%	J1	J2	J3	J4	J5
BASALTO (P4)					
100%	K1	K2	K3	K4	K5
70%	L1	L2	L3	L4	L5
85%	M1	M2	M3	M4	M5
ARENITO (P5)					
100%	N1	N2	N3	N4	N5
70%	O1	O2	O3	O4	O5
85%	P1	P2	P3	P4	P5

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.



## 4 ESTUDO I - TESTES DE SUPERAÇÃO DE DORMÊNCIA

### 4.1 INTRODUÇÃO

A presença ou ausência de dormência nas sementes contribui à agressividade da espécie. Segundo Goulart et al. (2009), a semente de capim annoni tem alta dormência, fato que garante sua manutenção no banco de sementes do solo e reinfestações contínuas. Medeiros et al. (2005) afirmam que a semente de capim-annoni pode permanecer viável no solo por mais de 5 anos. Segundo as Regras de Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 2009), sementes do gênero botânico *Eragrostis*, pertencente à família Poaceae, possuem dormência fisiológica. Entretanto, plantas do mesmo gênero e de diferentes espécies, ou de mesma espécie de diferentes lotes, podem ou não apresentar dormência, havendo necessidade de realizar testes de germinação para identificar tal condição (VIVIAN et al., 2008).

As RAS sugerem métodos de superação de dormência para algumas espécies do gênero em questão, mas não exatamente para a espécie *Eragrostis plana* Nees, por isso, a fim de evitar possíveis falhas de germinação e comprometimento dos resultados, foram realizados testes de superação de dormência justamente com o lote de sementes utilizado para a montagem dos tratamentos desta pesquisa, tanto em papel mata-borrão como no substrato solo.

### 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Com a finalidade de antecipar a produção de sementes para realização dos testes preliminares de superação de dormência, foi realizado em setembro de 2015, nas dependências do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV/UDESC), o plantio de touceiras de capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) coletadas numa propriedade rural na cidade de Bocaina do Sul (27°43'33"S e 50°01'32"O) no Estado de Santa Catarina. Estas plantas foram colocadas em vasos plásticos com capacidade para 8L e mantidas até dezembro de 2015, porém o florescimento não ocorreu (Figura 2). Entretanto, como esta espécie é perene e estival, ou seja, floresce nas épocas mais quentes do ano (BOLDRINI; KAMPF, 1977), foi possível realizar a coleta de sementes nas áreas de campo invadidas, logo no início de novembro de 2015.



Os ensaios preliminares de superação de dormência foram realizados com sementes coletadas no CAV, em janeiro de 2016. Estas sementes foram secas ao ar e armazenadas em local seco até a realização dos testes, no laboratório de Análise de Sementes.

Para superar a dormência, foram utilizados os tratamentos indicados para a espécie *Eragrostis curvula*: nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) e pré-esfriamento (BRASIL, 2009, p. 194), com posteriores determinações da porcentagem de germinação. Foram consideradas germinadas as sementes que haviam emitido suas estruturas essenciais: sistema radicular (raiz primária) e parte aérea (hipocótilo, epicótilo, mesocótilo), ou seja, plântula normal.

Figura 2- Touceiras de capim-annoni para produção de sementes.

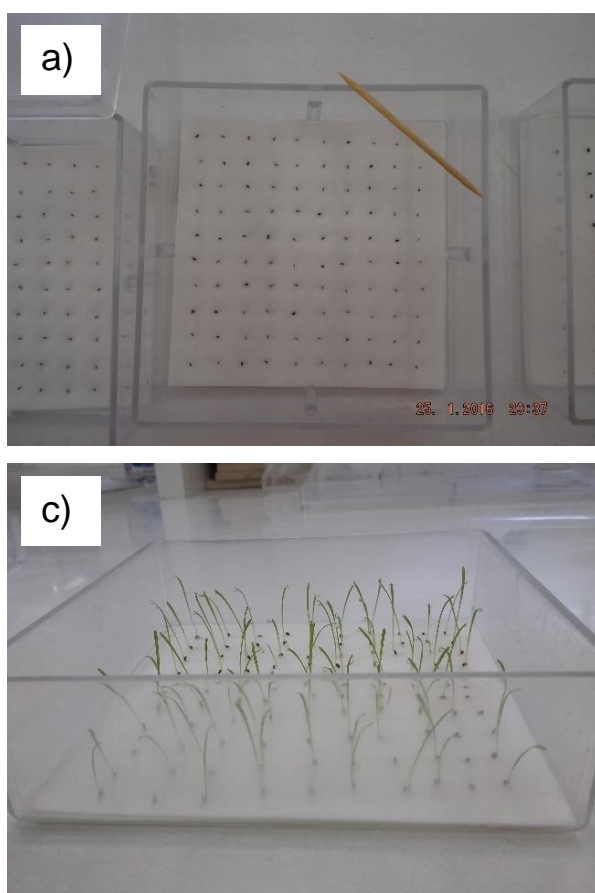


Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Para superar a dormência com  $\text{KNO}_3$ , 100 sementes foram colocadas a germinar em duas folhas de papel mata-borrão que foram umedecidas com uma solução de 0,2% de nitrato de potássio (2g dissolvidos em 1000mL de água) em caixa gerbox (Figura 3.a). Para minimizar a evaporação, as caixas foram tampadas e colocadas em sacos plásticos transparentes (figura 3.b) na presença de luz e temperatura, alternadas (8h luz a temperatura de 30°C e 16h de escuro a temperatura de 20°C), dentro de BODs.

Segundo as RAS as cariopses do capim-annoni, por serem muito pequenas (1,2-1,6mm de comprimento, 0,3-0,4mm de largura e 0,5-0,7mm de espessura), deveriam ser imersas em  $\text{KNO}_3$  por 24h ou semeadas diretamente em papel mata-borrão embebido com  $\text{KNO}_3$ , porém, na tentativa de simular as condições de superação de dormência que ocorrem na natureza, foi também realizado o teste sob baixa temperatura (BRASIL, 2009).

Figura 3 - a) Sementes de capim-annoni colocadas a germinar em caixa gerbox, b) caixas gerbox protegidas por sacos plásticos em câmara de fotoperíodo e temperatura controlados (BOD), c) plântulas germinadas.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Neste método, as sementes foram colocadas em caixas *gerbox* umedecidas com água e mantidas a temperatura de 5 -10°C por 10 dias. Após esse período, foram transferidas para o germinador à temperatura e luz alternadas, conforme descrito anteriormente.

Também foram realizados testes de superação de dormência no escuro total, onde as sementes recebiam as mesmas condições dadas ao tratamento com  $\text{KNO}_3$ ,

com exceção da luminosidade, que foi bloqueada através do uso de cobertura das caixas gerbox com papel alumínio.

Tanto no tratamento utilizando  $\text{KNO}_3$ , como no tratamento a frio, a contagem das plântulas ocorreu no 6º e 10º dia após a semeadura, conforme a RAS (Figura 3.c). Ao final desse período foram calculados os percentuais de germinação.

Apesar de terem sido realizados ensaios preliminares de superação de dormência em laboratório, as sementes, após a germinação, poderiam apresentar raízes primárias, hipocótilo, epicótilo e mesocótilo anormais quando semeadas em solos, assim, optou-se por realizar a semeadura em um vaso cilíndrico ( $1628,60\text{cm}^3$ ) com superfície dividida ao meio: de um lado foram semeadas sementes dormentes (lado não marcado), do outro, sementes com dormência superada por  $\text{KNO}_3$  0,2% (lado marcado) (Figura 4). Assim, em uma mesma unidade amostral, foi possível avaliar o efeito do solo na superação de dormência das sementes de annoni e se caso as sementes tivessem a referida dormência, a superação desta, possibilitaria de qualquer forma a realização de avaliações posteriores.

Figura 4 - Germinação das sementes de annoni em vasos com superfície dividida por telado onde: no lado não marcado foi semeada sementes dormentes e no lado marcado sementes com dormência superada.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

O delineamento experimental utilizado tanto para o teste em substrato papel como em substrato solo, foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram comparados pelo teste F a 5% de significância e para comparação das médias com o tratamento controle foi utilizado o teste de Dunnet, a 5% de significância.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1 Teste de superação de dormência em substrato papel mata-borrão

Pode-se observar (Tabela 2) que todos os tratamentos, exceto o pré-esfriamento (F), não diferem do tratamento controle (C), ou seja, para o lote considerado os métodos de superação de dormência são desnecessários já que no tratamento controle, a germinação foi igual à dos tratamentos M1, M2 e M3. Percebe-se também que o método de superação de dormência utilizando o pré-esfriamento (F) não foi eficiente, resultando em índices de germinação ainda menores que o controle. E ainda foi possível identificar que o lote avaliado não responde ao fotoperíodo, já que as sementes de *annoni* germinaram mesmo no escuro total (M3).

Tabela 2 - Comparações de quatro diferentes métodos de superação de dormência de sementes de capim-annoni com o tratamento controle. UDESC, Lages-SC, 2017.

TRATAMENTOS	CONTROLE	GERMINAÇÃO (%)
M 1	NS	89
M 2	NS	66
M 3	NS	76
F	*	33
C	-	75

Legenda - M1: Embebição de sementes em  $\text{KNO}_3$  por 24h e exposição a luz e temperatura controlados (16h de escuro a 20°C e 8h de luz a 30°C); M2: Sementes colocadas diretamente em substrato com  $\text{KNO}_3$ ; M3: Embebição de sementes em  $\text{KNO}_3$  por 24h e exposição a temperatura controlada (entre 20°C e 30°C) e escuro total; F: Sementes submetidas a pré-esfriamento (5 a 10°C por 10 dias); C: Controle, ou seja, sementes sem tratamento prévio mantidas em temperatura e fotoperíodo controlados (16h de escuro a 20°C e 8h de luz a 30°C); NS: Diferença não significativa entre o tratamento e o controle; \*: Diferença significativa entre o tratamento e o controle pelo teste de Dunnet ( $P > 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela própria autora, 2017.



#### 4.3.2 Testes de superação de dormência em substrato solo

Os resultados de germinação do capim-annoni em solos corroboram com os encontrados em papel mata-borrão, ou seja, o percentual de germinação não diferiu estatisticamente, não havendo, para esse lote de sementes, a necessidade de superar a dormência (Tabela 3).

Tabela 3 - Percentual de germinação de sementes (% plântulas normais) com e sem dormência superada em diferentes solos. UDESC, Lages-SC, 2017.

TRATAMENTO	GERMINAÇÃO (%)
BASALTO (P4) sem dormência	79 a
BASALTO (P4) com dormência	76 a
BASALTO + ARENITO (P3) sem dormência	86 b
BASALTO + ARENITO (P3) com dormência	86 b
ARENITO (P5) sem dormência	86 c
ARENITO (P5) com dormência	80 c

Legenda - Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

A confirmação destes testes de superação de dormência deve ser realizada para sementes colhidas em diferentes regiões, com cada uma destas regiões sendo considerada um lote de sementes. A partir das informações geradas para diferentes lotes é possível inferir sobre a necessidade ou não de métodos de superação de dormência à espécie *Eragrostis plana* Nees. Desta forma, os resultados obtidos são válidos apenas para as sementes pertencentes ao lote coletado para este estudo.

#### 4.4 CONCLUSÃO

A maioria das sementes do gênero *Eragrostis* (aproximadamente 80%) germinaram rapidamente (de 6 a 10 dias), ou seja, o lote de sementes testado parece não possuir mecanismos de dormência fisiológica, havendo necessidade de mais estudos na área.

## **5 ESTUDO II – GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM-ANNONI EM SOLOS DE DIFERENTES MATERIAIS DE ORIGEM**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

A escolha dos solos para este estudo foi baseada nas variações do material de origem (rocha ou sedimento que forneceu o material mineral que compõe o solo), que é um dos fatores de formação que mais contribui com a diferenciação dos solos (STRECK et al., 2008; OLIVEIRA, 2011), podendo influenciar nas características físicas, químicas e mineralógicas com efeito direto no desenvolvimento de plantas.

Os solos, coletados no estado do Rio Grande do Sul, pertencem à província geomorfológica planalto e tem origens geológicas distintas. Esta província ocupa a metade norte e uma porção Sudeste do RS e pode ser subdividida em regiões fisiográficas denominadas: Campos de Cima da Serra, Encosta Superior do Nordeste, Encosta Inferior do Nordeste e Planalto Médio. Na região do Planalto Médio dominam solos dos tipos Latossolos, Nitossolos e Argissolos. Para o estudo foram selecionados três Latossolos de diferentes materiais de origem (P5, P4 e P3) sendo P5 derivado de rocha sedimentar clástica arenito da formação Tupanciretã, P4 derivado de rocha ígnea vulcânica basalto formação Serra Geral e P3 uma mistura de basalto com arenito formação Tupanciretã (STRECK et al., 2008).

Assim, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o percentual de germinação e o desenvolvimento do annoni sob diferentes materiais de origem. A hipótese levantada é de que a germinação e o desenvolvimento do capim-annoni independem do material de origem do solo e das suas características intrínsecas (granulometria, CTC, porosidade, água armazenada, entre outras).

### **5.2 MATERIAL E MÉTODOS**

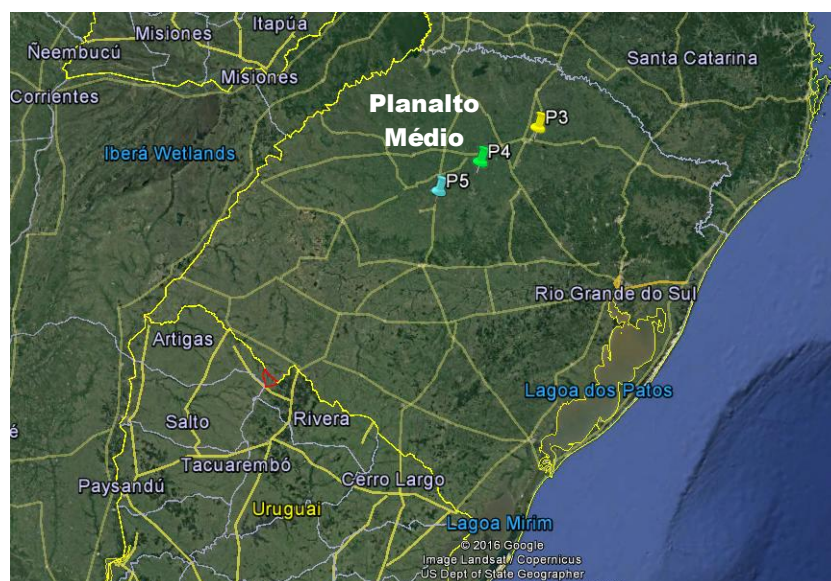
#### **5.2.1 Solos coletados**

Os solos estudados foram coletados ao longo de uma distância de aproximadamente 150 km, em perfis de Latossolos sob campo nativo na região do Planalto

Médio no Rio Grande do Sul (Figura 5 e 6). Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) como: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico húmico – classe textural franco-argilo-arenosa, coletado entre o município de Lagoa Vermelha e Passo Fundo (solo P3); LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico – classe textural muito argilosa coletado entre os municípios de Selbach e Ibirubá (P4); LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, coletado entre os municípios de Cruz Alta e Tupanciretã – classe textural franco-argilo-arenosa (P5).

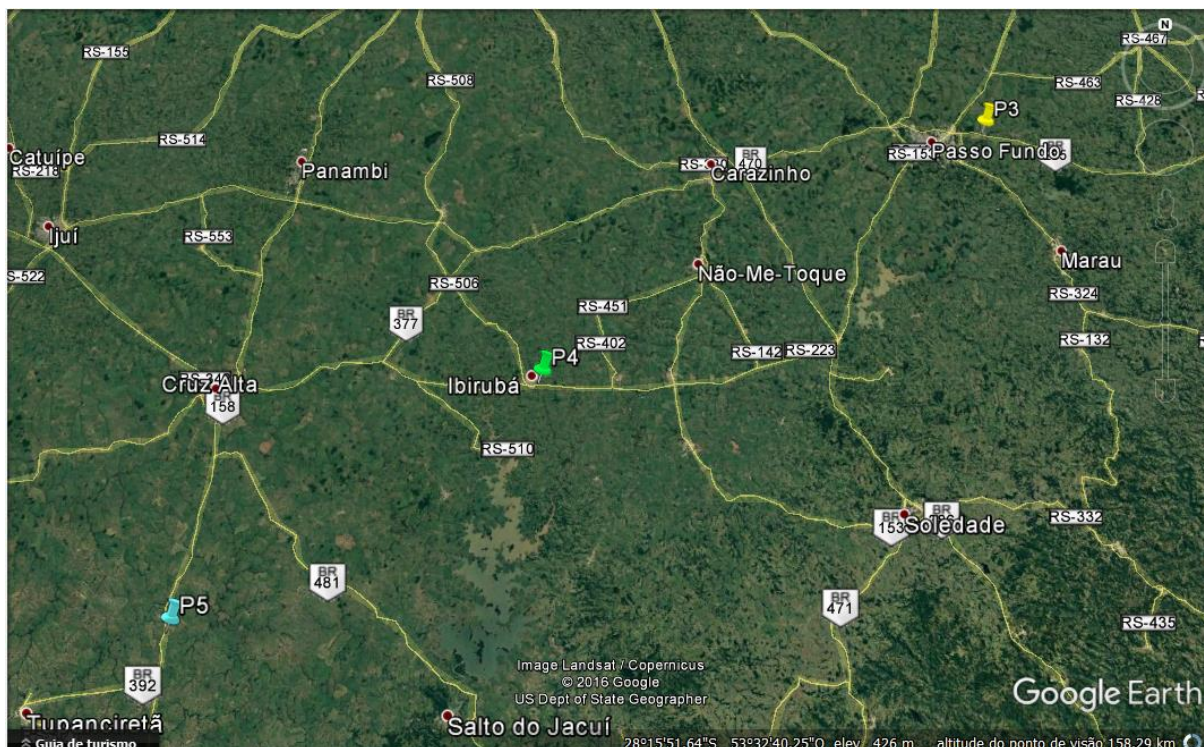
Para montagem dos tratamentos foram coletadas amostras de solo com estrutura deformada do horizonte superficial (0 a 20cm) de todos os solos enfatizados anteriormente. O solo P3 foi descrito segundo o Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (LEMONS; SANTOS, 2005) (APÊNDICE A). Os solos P4 e P5 já haviam sido descritos por outros pesquisadores (ANEXOS A e B). Ambos se diferenciam pela litologia e textura: o primeiro formado de rochas basálticas do Grupo São Bento formação Serra Geral (derrames ocorridos no Período Cretáceo - 65,5 a 135 milhões de anos atrás) com textura muito argilosa e o segundo, formado de arenitos da formação Tupanciretã (deposições ocorridas no Período Paleógeno - 65,5 a 1,8 milhões de anos) com textura franco-argilo-arenosa (CPRM, 2006). O solo P3, descrito e classificado até o 4º nível categórico (subgrupos), tinha como material de origem uma mistura de basalto com arenitos da formação Tupanciretã.

Figura 5 - Localização dos pontos de coleta no Planalto Médio, RS



Fonte: Google Earth, 2016.

Figura 6 - Aproximação dos locais coletados destacando os perfis P3 (arenito com basalto), P4 (basalto) e P5 (derivado do arenito).



Fonte: Google Earth, 2016.

Para a descrição geral do solo P3, à campo registrou-se a unidade de mapeamento, a localização e as coordenadas, situação, declive e cobertura vegetal no local do perfil, altitude, litologia, formação geológica, cronologia, material originário, pedregosidade, rochosidade, relevo local, relevo regional, erosão, drenagem, vegetação primária, uso atual e clima. Na sequência foi realizada a descrição morfológica dos perfis do solo, separando os horizontes genéticos (simbologia, profundidade e espessura dos horizontes), identificando a transição entre os horizontes. A cor úmida e seca (matiz, valor e croma) foi obtida conforme a carta de Munsell; o grau, tamanho e tipo da estrutura do solo; consistência do solo seco (dureza ou tenacidade); úmido (friabilidade) e molhado (plasticidade e pegajosidade), foram realizados em laboratório. Em cada um dos subhorizontes dos perfis coletou-se uma amostra de solo deformada para caracterização física e química, totalizando 10 amostras de cada um dos seguintes subhorizontes: A1, A2, A3, AB, BA1, BA2, Bw1, Bw2, Bw3 e Bw4. O item 5.2.2 descreve com detalhes todas as análises efetuadas neste perfil. Dos horizontes descritos foram utilizados para montagem dos tratamentos, apenas o horizonte superficial (0-20cm), os demais foram analisados apenas para fim de classificação do solo.



## 5.2.2 Análises laboratoriais do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico húmico (P3)

### 5.2.2.1 Físicas

#### 5.2.2.1.1 Textura do solo

A análise granulométrica do solo (distribuição do tamanho de partículas) foi determinada pelo Método da Pipeta descrito por Gee-Bauder (1986) onde a fração TFSA sofreu dispersão química com uma solução de NaOH e água destilada para determinação da argila dispersa em água. Foram pesados 25 g de TFSA em frasco *snap-cap* de 150 ml, adicionados 10 ml de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup> e aproximadamente 70 ml de água destilada. Nos *snap-caps* foram colocadas duas bolinhas de acrílico agitadas num agitador horizontal por 4 horas a 200 rpm (SUZUKI, et al., 2004). Concomitantemente, foi efetuada uma prova em branco (pb), realizando o mesmo procedimento sem adicionar a TFSA, ou seja, no *snap-cap* foram adicionados 70 mL água destilada e 10 mL de NaOH 1N. O material agitado foi passado em peneira de 0,053 mm para uma proveta de 1000 ml. A fração retida na peneira foi transferida para um recipiente e seca a 105°C por 24 horas, determinando-se a areia por pesagem. Nas provetas, foi verificada a temperatura de algumas amostras (3-5) e da prova em branco, após essa medição cada amostra foi agitada por um tempo fixo de 30 a 60s com o auxílio de uma vareta com êmbolo, marcando-se o tempo zero. Das temperaturas lidas foi realizada uma média deixando a suspensão em repouso por tempo pré-determinado. Após o tempo de repouso da suspensão na proveta, pipetou-se lentamente 50 mL a 5 cm de profundidade. O volume pipetado foi colocado em becker (seco e pré-pesado em balança de precisão de 3 a 5 casas decimais) e levado à estufa de circulação de ar por até 48 h. Após secagem, os beckers foram pesados para determinação da fração argila. O silte foi obtido por diferença. A relação silte/argila foi calculada pela simples razão entre os valores obtidos na análise tendo como agente dispersante a solução de NaOH.

#### 5.2.2.1.2 Grau de flocculação

Para obter o grau de flocculação da argila (GF) o mesmo procedimento foi efetuado, porém sem a utilização do NaOH. Para cálculo utilizou-se a seguinte equação:

$$GF = 100 \cdot (AT - AN) / AT$$

Onde:

AT = argila total determinada com o uso de dispersante químico;

AN = argila natural, obtida por dispersão em água destilada.

A fração argila separada do silte por sedimentação segue os princípios da lei de Stokes.

#### 5.2.2.2 Químicas

Os atributos químicos determinados para caracterização inicial foram o teor de carbono orgânico total, pH do solo, a acidez potencial  $[H+Al]$ , o Al e as bases trocáveis (K, Na, Ca e Mg) e o óxidos de Si, Fe e Al. Foram calculadas a soma de bases, a capacidade de troca de cátions (CTC efetiva e CTC a pH7), a saturação por bases e por alumínio, e as relações entre cátions.

##### 5.2.2.2.1 Carbono Orgânico total

O teor de carbono orgânico determinado pelo método de Walkley-Black segue o princípio da oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio em meio ácido titulando-se com solução de sulfato ferroso amoniacal (TEDESCO et al., 1995). Como os teores de matéria orgânica diminuem em profundidade foi necessário adaptar a quantidade de solo utilizada para cada horizonte. Nos horizontes superficiais (A1, A2, A3) foram utilizados 0,5g de solo, para horizontes de transição (AB, BA1, BA2), 1g e para horizontes subsuperficiais (Bw1, Bw2, Bw3 e Bw4) 2 g. As amostras já pesadas foram acondicionadas em frascos erlenmeyers de 250 ml. Em seguida, acrescentou-se 5 ml de solução de  $K_2Cr_2O_7$  1,25 mol L<sup>-1</sup> e 10 ml de  $H_2SO_4$  concentrado. Os frascos foram agitados manualmente e colocados em chapa de aquecimento até atingirem 150°C por um minuto com auxílio de um termômetro de mercúrio e cronômetro. Após esfriarem, com ajuda de uma proveta adicionou-se 50 ml de água destilada em cada erlenmeyer, 3 gotas do indicador ferroin (complexo ortofenantrolina), e titulou-se com solução de  $FeSO_4$  0,25 mol L<sup>-1</sup> com auxílio de uma bureta, observando-se o ponto de viragem no momento em que a cor muda de verde claro para vermelho telha com luz transmitida, anotou-se o volume gasto para cálculo do teor de C.

#### 5.2.2.2.2 pH em água

A acidez ativa (pH em  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{KCl}$   $1 \text{ mol L}^{-1}$  com relação de 1:1), foi realizada por potenciometria, utilizando um pHmetro para leitura. Para isso pesou-se 10 g de TFSA, com duas repetições em copos de cafezinho de 50 ml; adicionou-se 10 ml de água destilada; agitou-se com bastão de vidro até homogeneizar bem; deixou-se em repouso por 30 minutos e depois se agitou novamente; foi calibrado o pHmetro com padrões 4 e 7; e se fez a leitura do pH em água, com todo o eletrodo inserido na solução. Para o pH em sal, repetiu-se todo o procedimento descrito anteriormente, adicionando 20 ml de solução de  $\text{KCl}$  ao invés de água destilada (TEDESCO et al., 1995).

#### 5.2.2.2.3 Acidez potencial ( $\text{H}^+\text{+Al}$ )

Para a determinação dos teores de  $\text{H}^+\text{+Al}$ , foi pesado uma amostra de 2,5 g de TFSA em frascos tipo snap-cap de 100 ml e adicionado como extrator 50 ml de uma solução de acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  tamponada a pH 7. Após se agitou durante 30 minutos a 180 rpm e deixou-se em repouso durante uma noite (12-14 horas). Com uma pipeta automática retirou-se uma alíquota 20 ml que foi transferida para erlenmeyers de 50 ou 100 ml. Em seguida foi adicionado 3-4 gotas de fenolftaleína a 2 % titulando-se o extrato com solução de  $\text{NaOH}$   $0,02 \text{ mol L}^{-1}$  que foi padronizada com solução de  $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$  (biftalato ácido de potássio)  $0,005 \text{ mol L}^{-1}$ . Anotou-se o volume gasto até o ponto de viragem do incolor para rosa, usando uma bureta. Foram também realizadas duas provas em branco usando somente 20 ml da solução de acetato de cálcio, para posterior realização dos cálculos (EMBRAPA, 1997).

#### 5.2.2.2.4 Cálcio, magnésio e alumínio trocável

Foram pesados 5 gramas de solo em frascos *snap-cap*, e adicionados 50 ml de solução extratora  $\text{KCl}$   $1 \text{ mol L}^{-1}$ . As amostras foram agitadas por 30 minutos e deixadas uma noite em repouso para decantar. Para a determinação do Al trocável, foi retirado uma alíquota de 25 ml do sobrenadante para frascos tipo erlenmeyers, adicionado 3-4 gotas de fenolftaleína 2 % e realizada titulação de neutralização (ácido-base) com solução de  $\text{NaOH}$   $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$  padronizada até o ponto de viragem do

incolor para rosa usando uma bureta digital. Foi anotado o volume gasto e feito duas provas em branco, usando somente 10 ml da solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. A determinação do Ca e Mg foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica. Para isso, após extração com sal neutro foi retirada uma alíquota do sobrenadante e diluída com água destilada, destes foi retirado 5 ml para copo descartável de cafezinho e adicionado 5 ml de solução de SrCl<sub>2</sub> 0,3 % em HCl 0,2 mol L<sup>-1</sup> e feita a leitura do Ca. Para o Mg foi retirado 5 ml do extrato anterior, adicionado 10 ml de água destilada e feita a leitura.

#### 5.2.2.2.5 Potássio e sódio

Os teores de K e Na trocáveis do solo foram determinados através do método do extrator duplo ácido (Mehlich-1). Para isso, pesou-se 3 gramas de solo em frascos tipo snap-cap de 100 ml, e foi adicionado 30 ml de solução P-A (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>). Agitou-se por 5 minutos, e se deixou repousar por uma noite (15-18 horas). Pipetou-se uma alíquota de 6 ml do sobrenadante e transferiu-se para um copo de cafezinho, onde adicionou-se 10 ml de água destilada. As leituras foram realizadas utilizando-se fotômetro de chama. Para cada determinação, foi feita a leitura prévia da respectiva curva padrão para calibração do aparelho.

#### 5.2.2.2.6 Óxidos de silício, ferro e alumínio

Os teores de silício, alumínio e ferro totais na TFSA foram obtidos através do ataque sulfúrico (EMBRAPA, 1997). Foram pesados 1,0 g de solo em tubo de digestão e adicionado 20 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na diluição 1:1, estes foram mantidos em bloco digestor a aproximadamente 150°C durante 30 minutos contados a partir do início da fervura. Após o resfriamento, as amostras foram filtradas e diluídas para o volume de 250 ml. O resíduo da filtragem do procedimento anterior foi submetido a ataque básico com NaOH 30% em copo de teflon e mantido em chapa aquecedora até início da fervura. Após o resfriamento realizou-se a diluição para 200 ml e filtragem para quantificação dos teores de silício.

A quantificação dos elementos foi realizada por meio do ICP. Os teores de cada elemento foram convertidos para a forma de óxidos aplicando os fatores de conversão 1.43, 1.89 e 2.14 para o Fe, Al e Si, respectivamente.

Com os teores de óxidos ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), silício ( $\text{SiO}_2$ ) e alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) obtidos pelo ataque sulfúrico, foram calculadas as relações moleculares ( $K_i$  e  $K_r$ ) para avaliação do estágio de intemperismo dos solos, conforme as equações abaixo:

$$K_i = \frac{\% \text{SiO}_2 * 1,70}{\% \text{Al}_2\text{O}_3}$$

$$K_r = \frac{\left(\frac{\% \text{SiO}_2}{0,60}\right)}{\left(\frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{1,02}\right) + \left(\frac{\% \text{Fe}_2\text{O}_3}{1,60}\right)}$$

Fonte: EMBRAPA (1997).

#### 5.2.2.2.7 Outros parâmetros químicos

A soma de bases (S), o  $\Delta\text{pH}$ , a capacidade de troca de cátions (CTC efetiva e CTC a pH7), a saturação por bases (V%), por alumínio (m%) foram calculadas de acordo com as seguintes expressões:

$$S = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}$$

$$\Delta\text{pH} = \text{pH KCl} - \text{pH H}_2\text{O}$$

$$\text{CTC ef} = S + \text{Al}$$

$$\text{CTC pH7 (T)} = S + [\text{H} + \text{Al}]$$

$$\text{V\%} = (S / T) * 100$$

$$\text{m\%} = [\text{Al} / (\text{Al} + S)] * 100$$

No APÊNDICE A encontra-se a descrição geral, morfológica, as análises físicas e químicas efetuadas.

#### 5.2.3 Montagem dos vasos

Tendo como substrato os três solos descritos na Tabela 4, foi executada a montagem dos tratamentos (Figura 7). Os solos secos ao ar foram alocados em vasos de volume igual a 1628,60 cm<sup>3</sup>. A densidade do solo foi a mesma nas cinco repetições efetuadas.

Tabela 4 – Identificação e localização dos solos utilizados no experimento. UDESC, Lages-SC, 2017.

Solo	Classificação	Vegetação	Localização	Coordenadas	
			Município	Latitude	Longitude
P5	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico	Pastagem nativa	Tupanciretã	28°58'44,2"	53°38'38"
P4	LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico	Capoeira	Ibirubá	28°38'18,52"	53°05'6,4"
P3	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico húmico	Pastagem nativa	Mato Castelhana	28°14'20,1"	52°19'14,8"

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Tabela 5 - Características dos perfis coletados para o experimento. UDESC, Lages-SC, 2017.

PERFIL	MATERIAL DE ORIGEM	FORMAÇÃO	UNIDADE MAPEAMENTO	ALTITUDE (m)	pH	Al (cmol.kg <sup>-1</sup> )	C	T	V	m	ARGILA %	AREIA	SILTE
P3	Arenito e basalto	Tupanciretã	Unidade Passo Fundo	725	4,9	2,4	1,7	15,2	10	62	30,6	52,2	17,2
P4	Basalto	Serra geral	Unidade Durox	450	4,9	0,4	1,9	14,5	50	5	57,3	21,5	21,2
P5	Arenito	Tupanciretã	Unidade Cruz Alta	480	4,5	1,4	0,7	6,5	18	54	20,2	69,9	9,9

Legenda – C: Carbono orgânico; T: CTC pH 7; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Figura 7 - Vasos com solos de diferentes materiais de origem.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Para a determinação da capacidade de campo (CC), anéis de volume igual a 141,37 cm<sup>3</sup> (5 cm de altura e 6 cm de diâmetro), foram saturados por um período de 48h e submetidos à tensão de 10 kPa (sucção de 1m) em mesa de tensão de areia. A CC foi obtida pela diferença de umidade entre o solo na tensão de 10 kPa e o solo seco a 105°C (APÊNDICE B). Os níveis de água foram diminuídos lentamente respeitando o período de 48h para cada nível de sucção (baixando o nível 10cm e deixando por 48h, 60cm, mais 48h até finalmente baixar o nível para 100cm por mais 48h, totalizando 6 dias em mesa de tensão) conforme metodologia descrita por Ritchie (1981) e Silva et al., (1994). Os valores da capacidade de campo podem ser observados no APÊNDICE C.

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 5 mostra algumas características dos três Latossolos coletados para realização do experimento com destaque à CTC e a granulometria. Os valores encontrados possibilitam inferir que os solos, mesmo passando por intensos processos de intemperismo, ainda mantém a memória geológica do material original (KÄMPF; CURI, 2012).

#### 5.3.1 Percentuais de germinação do capim-annoni em diferentes materiais de origem

Conforme indicado nas Tabelas 6 e 7, a germinação das sementes de capim-annoni independe do material de origem do solo e da classe textural ao qual pertence. Mais de 70% das sementes já haviam germinado no 10º dia após o plantio (Tabela 6) chegando a percentuais superiores a 85% no 16º dia (Tabela 7). Esse resultado constitui um dado adicional para compreender o potencial agressivo da espécie e sua rápida capacidade de disseminação nos mais variados ambientes.

Lucena et al. (2004) e Carneiro et al. (1987), ao trabalharem com sementes de *Cassia siamea*, *Dolonix regia*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Enterolobium cotortosilicum*, em viveiro de mudas, também não encontraram diferenças significativas entre os solos de diferentes classes texturais, diferindo de Scalon et al. (2003) e Lima e Dornelles (2002) que ao trabalhar com as espécie *Tabebuia hepta-*

*phylla* e *Annona squamosa* L. respectivamente, observaram menores índices de germinação em solos mais arenosos, atribuindo tais resultados a alta porosidade com partículas de maior diâmetro que têm menor eficiência na adsorção de moléculas de água e menor área superficial específica em comparação com solos mais argilosos. Solos de alta área superficial específica (ASE) geralmente apresentam maior capacidade de troca catiônica e retenção de água. No entanto para o annoni, essas condições diferenciadas não são fatores limitantes a sua germinação confirmando que a espécie é pouco exigente em termos de substrato específico para a obtenção de um número significativo de plântulas. Assim, parte da hipótese, relativa aos índices de germinação da semente ficam confirmados, ou seja, solos de diferentes materiais de origem não tem efeito sobre a germinação do capim-annoni.

Tabela 6 - Resultado da germinação de sementes de capim-annoni em solos de diferentes materiais de origem, 10 dias após a semeadura. UDESC, Lages-SC, 2017.

Tratamentos	Germinação (%)
basalto + arenito	74 a
arenito	76 a
basalto	78 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ), C.V. 15,89%.  
Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Tabela 7 - Resultado da germinação de sementes de capim-annoni em solos de diferentes materiais de origem, 16 após a semeadura. UDESC, Lages-SC, 2017.

Tratamentos	Germinação (%)
basalto + arenito	86 a
arenito	83 a
basalto	77 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ) C.V. 10,88%.  
Fonte: Elaborada pela autora, 2017.



### 5.3.2 Desenvolvimento do capim-annoni em diferentes materiais de origem

A Tabela 8 mostra que ocorreram diferenças significativas entre as litossequências estudadas, sendo que o desenvolvimento do annoni no tratamento basalto com arenito (P3) superou os demais em praticamente todos os parâmetros observados. Neste caso a estreita relação entre material de origem e granulometria também poderia ter sido determinante já que várias propriedades do solo se correlacionam a estas exercendo efeito direto sobre o desenvolvimento de plantas.

O solo P3 apresenta cerca de 50% de areia e 30% de argila enquanto que P5, 70% de areia e 20% de argila, ou seja, P3 é um solo mais equilibrado com partículas de argila aderidas aos grânulos de areia formando agregados maiores e espaços tanto ao redor dos grânulos como no interior destes, influenciando na aeração, retenção e disponibilidade de água à planta. Por outro lado, o solo P4, com teor de argila superior a 57% tem alta ASE e conseqüentemente maior quantidade de água retida.

A retenção de água pôde ser observada no decorrer do experimento: entre os intervalos de molhamento a água drenava e evaporava mais rápido nos solos com maiores teores de areia, diferente dos tratamentos com solo muito argiloso que permanecia úmido por mais tempo, necessitando quantidades inferiores de água de reposição. Se os poros permanecem com água por mais tempo há uma redução nos fluxos de gases podendo ocasionar menores taxas de crescimento das plantas. Carlotto et al. (2015), pesquisando sobre as alterações morfológicas e fenológicas de *Eragrostis pilosa* submetida a diferentes condições de umidade do solo verificaram uma menor estatura e perfilhamento em solos que mantinham-se úmidos por mais tempo (Tabela 8).

Em condições de hipoxia há fechamento estomático influenciando negativamente na fotossíntese (MEDRI et al., 2007). Como consequência há redução no perfilhamento de gramíneas não adaptadas a estes ambientes anaeróbicos, bem como na altura de plantas (HOSSAIN; UDDIN, 2011).

Apesar do acima descrito, o comportamento do capim-annoni quanto altura de plantas (Figura 8) foi menor no solo de basalto+arenito ao menos até a quinta avaliação (54 dias) compensando esta diferença após a sexta leitura. Assim, embora a maioria dos parâmetros avaliados terem indicado superioridade de desenvolvimento em solos de basalto+arenito o capim-annoni em suas fases iniciais é capaz de se estabelecer bem em todos os tratamentos adaptando-se a condições diversas de solos. A

capacidade adaptativa desta espécie é uma das características que a torna extremamente agressiva.

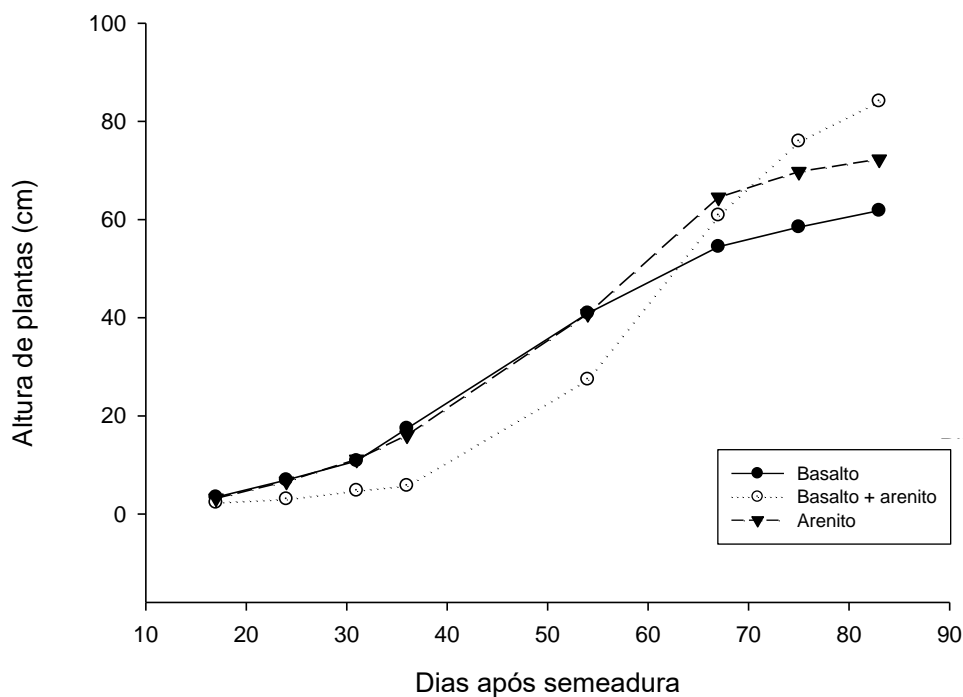
Tabela 8 – Parâmetros avaliados aos 100 DAS para compreender o comportamento do capim-annoni em solos de diferentes materiais de origem. UDESC, Lages-SC, 2017.

Tratamentos	CUFÉ	MSPA	MSR
	---cm---	-----g-----	
basalto + arenito	74,2 a	4,5 a	3,4 a
arenito	51,2 b	3,6 ab	2,0 b
basalto	45,8 c	3,1 b	2,3 b

Legenda: CUFÉ: Comprimento da última folha expandida; MSPA: Massa seca da parte aérea; MSR: Massa seca de raiz. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ).

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Figura 8 - Altura das plantas de capim-annoni baseada na média de 8 leituras.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

#### 5.4 CONCLUSÕES

I - A germinação do capim-annoni não é influenciada pelas características dos solos derivados de diferentes materiais de origem.

II - O desenvolvimento do capim-annoni é menor em solos de origem basáltica com altos teores de argila. Os maiores teores de argila favorecem a retenção e manutenção de maiores teores de água no solo, menor aeração e trocas gasosas, diferentemente do que ocorre nos solos mais arenosos.

## **6 ESTUDO III – EFEITO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DO CAPIM ANNONI**

### **6.1 INTRODUÇÃO**

A densidade do solo, uma propriedade física que reflete o grau de compactação deste, pode ser modificada através do uso e manejo. O aumento da densidade através da compactação reduz a porosidade total, macroporosidade, capacidade de infiltração de água e aumenta a resistência a penetração dos solos (TAVARES FILHO et al., 2001; STRECK et al., 2004). Dessa forma, o efeito indireto da compactação é a redução dos índices de germinação (formação de uma plântula normal) e desenvolvimento de plantas devido a restrições do crescimento radicular (SOANE; OUWERKERK, 1994).

O valor crítico de densidade do solo que restringe o crescimento de plantas, depende da granulometria, principal determinante da classe textural dos solos (LUCIANO et al., 2012). Classes texturais variadas, quando submetidas a compactação, comportam-se de forma distinta, apresentando limites críticos de densidade bastante variados. Tais limites podem comprometer o desenvolvimento do sistema radicular das plantas dependendo da tolerância a compactação de cada espécie; porém, de maneira geral as plantas respondem a valores críticos a partir dos quais passam a restringir seu crescimento (SILVA et al., 2000).

Baixos índices de germinação e menores taxas de crescimento em plantas de interesse agrônomo podem promover a abertura de clareiras que propiciam a invasão por espécies de plantas daninhas, especialmente àquelas que tem alta capacidade adaptativa, mesmo em condições inóspitas, como o capim-annoni.

Associado a isso, o capim-annoni parece se desenvolver bem onde outras plantas não se desenvolveriam, como por exemplo, em solos extremamente compactados como estradas, taipas de açudes e corredores, favorecendo ainda mais sua disseminação. Apesar das evidências indicarem que seu desenvolvimento independe dos níveis de compactação do solo, não foi encontrado relatos sobre o assunto.

Diante disso, a proposta deste estudo foi avaliar através de percentuais de germinação, altura de plantas, comprimento da última folha expandida, massa seca de

raízes e de parte aérea, o comportamento de sementes e plantas de capim-annoni em solos de diferentes materiais de origem (arenito, basalto e arenito + basalto) com classes texturais variando entre muito argilosa a franco-argilo-arenosa, submetidos a níveis crescentes de densidade de solo (70, 85 e 100% da densidade máxima).

Assim, a hipótese deste estudo pressupõe que a germinação e o crescimento do capim-annoni não é reduzido sob níveis crescentes de densidades do solo.

## 6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para realização dos ensaios de compactação utilizaram-se amostras do solo coletadas para o estudo II. Os três Latossolos, de diferentes materiais de origem, foram compactados através do ensaio de Proctor normal com 560 kPa, padronizado no Brasil pela ABNT (NBR 7182/86). Esse ensaio tem como base um princípio da mecânica dos solos que considera a compactação dependente da energia aplicada e da umidade no momento da compactação (VARGAS, 1977). Uma vez obtidos os resultados de densidade em função do teor de água do solo, ajusta-se a equação aos dados minimizando a soma dos quadrados dos desvios. Os procedimentos adotados para a realização do ensaio de Proctor e a planilha eletrônica para cálculo elaborada por Klein, que utiliza modelos matemáticos descritos por Mischan e Pinho (1996), estão disponíveis no endereço eletrônico <http://www.upf.br/lafas>.

Para os ensaios de compactação foram utilizados aproximadamente 15 kg de solo seco ao ar peneirado em peneira de malha 4,8 mm. Após a determinação da umidade inicial, foram fracionadas e acondicionadas em sacos plásticos seis amostras de 2,4 kg de solo. Uma destas frações foi umedecida até o ponto de friabilidade, anotando-se o volume de água adicionado. As demais amostras foram obtidas a partir desta acrescentando-se água lentamente e misturando bem para que toda a amostra fosse uniformemente umedecida. A variação de umidade entre as amostras de cada solo, foi de 2% para solos de granulometria mais argilosa (P3 e P4) e 1,5% para o solo de granulometria mais arenosa (P5) e pode ser observada nas tabelas 9, 10 e 11, baseadas nas planilhas desenvolvidas por Klein (2014) (APÊNDICE D).

As amostras umedecidas foram deixadas em repouso nos sacos fechados por 24h para garantir a redistribuição da água em todas as partículas do solo. Nogueira (1998), ressalta a importância de iniciar os ensaios de compactação pela segunda amostra, ou seja, reserva-se a primeira para que, caso a umidade testada não seja exatamente o ponto de friabilidade, seja possível utilizar a amostra reservada como último ponto, ou como primeiro ponto. Após esse período a amostra foi dividida em três partes, cada parte foi colocada num cilindro e submetida a 25 golpes do compactador, totalizando uma energia aplicada sobre a amostra de 560kPa. Entre uma camada e outra foi realizada a escarificação da superfície para melhor contato entre as camadas. Como o cilindro tinha 12 cm de altura, cada camada adicionada ficou aproximadamente com 4 cm de altura, não podendo a última camada ultrapassar o limite superior do cilindro. Posteriormente foi pesado o cilindro mais o solo compactado. A massa do cilindro sem solo (2,5kg) foi então descontada e os cálculos da densidade foram efetuados conforme pode ser visto nos APÊNDICES E, F e G.

Para determinação da umidade do solo após compactação, três amostras de solo foram retiradas do cilindro e colocadas a secar em estufa a 105°, C obtendo-se a média da umidade gravimétrica. Com esses valores foi possível gerar tabelas e gráficos de equações quadráticas cuja abcissa (eixo x) representa a variação da umidade gravimétrica da amostra e o eixo das ordenadas (eixo y), a densidade atingida em determinada umidade. O valor onde a curva atingiu o ponto máximo pode ser observado nos APÊNDICES H, I e J. A umidade ótima de compactação e densidade máxima atingida para cada solo foi respectivamente de 0,216g g<sup>-1</sup> e 1,543g cm<sup>-3</sup> para o solo P3; 0,257g g<sup>-1</sup> e 1,58g cm<sup>-3</sup> para o solo P4 e 0,149g g<sup>-1</sup> e 1,751g cm<sup>-3</sup> para o solo P5. As curvas quadráticas foram utilizadas para calcular a umidade de compactação necessária para que o solo atinja 70% e 85% da densidade máxima. Os cálculos efetuados encontram-se nos APÊNDICES K, L e M.

Após obter-se os valores de umidade e compactação foram organizados os tratamentos, em vasos de PVC com volume de 1628,60cm<sup>3</sup> (10cm de altura x 14,4cm de diâmetro). As sementes foram semeadas a lanço e não foram cobertas por solo, ou seja, o contato semente-solo ocorreu apenas em uma das faces da semente.

Para preenchimento dos vasos foi necessário calcular (APÊNDICE N) e ajustar a quantidade de água e as densidades para o volume do vaso. Todos esses detalhes de cálculo estão disponíveis nos APÊNDICES O e P.

Após a compactação dos vasos, foram montados anéis metálicos com os mesmos níveis de compactação destes (APÊNDICE Q) com a finalidade de obter a capacidade de campo em mesa de tensão de areia (APÊNDICE R). Com esses valores foi possível obter a massa de solo e de água necessárias para manter o solo a 80% da capacidade de campo (APÊNDICE S). Para isso, foram realizadas pesagens em balança eletrônica a cada dois dias, completando a massa de solo com água até o valor descrito na última coluna do APÊNDICE S.

### 6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As densidades máximas de compactação obtidas através do ensaio de Proctor Normal podem ser observadas na Tabela 12. Nota-se que as densidades máximas atingidas superaram os valores críticos de referência propostos por Reinert (2001) ( $1,65 \text{ g cm}^{-3}$  para solos arenosos e  $1,45 \text{ g cm}^{-3}$  para solos argilosos). Além disso, pode-se observar também que o aumento da densidade do solo ocasionou um aumento na capacidade de campo, devido a redução da porosidade total, principalmente dos macroporos. Tal condição foi também observada por Reichert et al. (2007) que afirmam que com o aumento da densidade, ocorre um aumento na capacidade de campo, enquanto a aeração, a taxa de infiltração de água e a condutividade hidráulica do solo saturado diminuem.

Tabela 9 - Níveis de compactação, densidade do solo e umidade volumétrica com o solo na capacidade de campo obtidas através do ensaio de Proctor Normal. UDESC, Lages-SC, 2017.

SOLO	Níveis de compactação	Densidade ( $\text{g cm}^{-3}$ )	$\theta_{cc}$ ( $\text{cm}^{-3} \text{ cm}^{-3}$ )
<b>P3</b>	70%	1,05	0,27
	85%	1,27	0,32
	100%	1,50	0,39
<b>P4</b>	70%	1,10	0,27
	85%	1,34	0,34
	100%	1,58	0,46
<b>P5</b>	70%	1,23	0,21
	85%	1,50	0,24
	100%	1,77	0,29

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

### 6.3.1 Germinação do *annoni* em diferentes níveis de compactação

Conforme indicado na Tabela 13, a germinação do capim-annoni não diferiu entre os estados de compactação, apresentando porém um pequeno incremento no tratamento com nível de compactação 85% para todos os solos avaliados. Solos com menores índices de compactação (70%), por apresentarem uma maior macroporosidade, reduzem o contato solo/semente, prejudicando a primeira e última fase do processo de germinação que requer alta demanda de água. Possivelmente, o nível de compactação 100% não tenha prejudicado com efetividade, a germinação das sementes, pelo fato destas terem sido semeadas a lanço. O excesso de água e a redução do oxigênio afetam os percentuais de germinação, mas assim como ocorre na natureza, as sementes foram apenas distribuídas na superfície do solo, ou seja, não foram enterradas o que facilita tanto a entrada de água na semente como as trocas gasosas do lado oposto ao lado de contato com o solo, além de evitar o contato da semente com a água por um longo período, já que os vasos eram mantidos com água a 80% da capacidade de campo.

Tabela 10 – Média geral do percentual de germinação em diferentes níveis de compactação do solo. UDESC, Lages-SC, 2017.

Níveis de compactação	Percentual de germinação médio (%)		
	arenito	basalto + arenito	basalto
<b>100%</b>	87 a	89 a	66 a
<b>70%</b>	86 a	88 a	63 a
<b>85%</b>	87 a	94 a	81 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ).  
Fonte: Elaborada pela autora, 2017.



### 6.3.2 Crescimento do annoni com o aumento da densidade

#### 6.3.2.1 *Massa seca de parte aérea*

As médias de massa seca da parte aérea (MSPA) do capim-annoni, obtidas em diferentes solos e níveis de compactação, encontram-se na Tabela 14. Nota-se que o solo derivado de arenito foi o único a apresentar diferenças de produção de massa seca de parte aérea, com a menor produção no nível máximo de compactação (1,86g), com densidade de  $1,77 \text{ g cm}^{-3}$ . Este valor é 59% e 45% inferior ao solo com 70% e 85% de compactação, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Ribeiro et al. (2003), que relatam uma redução da MSPA de plantas de arroz à medida que se elevou o grau de compactação em dois Latossolos de textura média e argilosa, assim como os resultados obtidos por Gris et al. (2003), com a cultura do milho sob plantio direto no solo sob diferentes densidades, os quais observaram que o aumento da densidade do solo reduziu a produção de MSPA.

A redução na MSPA pode estar relacionada às alterações nas propriedades físico-hídricas dos solos, proporcionadas pela compactação (CAMARGO, 1983; RIPPOLI, 1992; ALVARENGA et al., 1996), e à elevação da resistência à penetração das raízes no solo. Esses fatores reduzem a disponibilidade e a absorção dos nutrientes pelo sistema radicular das plantas (VARGAS, 1982; COSTA, 1998; RIBEIRO, 1999), resultando em menor acúmulo de carbono pela fotossíntese (TUBEILEH et al., 2003) e, conseqüentemente, redução na elongação do sistema radicular, da parte aérea das plantas e do número de perfilhos por vaso. Soares (2004), trabalhando com a cultura do arroz obteve diferenças significativas na produção de MSPA mesmo em solo saturado com água, ressaltando um decréscimo linear com o aumento do nível de compactação com reduções de até 37% da produção máxima, presumindo que esta redução seja causada pela menor absorção de N.

Os menores valores observados de MSPA no solo derivado de arenito, também podem estar relacionados à redução significativa da permeabilidade deste solo. Experimentalmente, o solo arenoso, quando irrigado a 80% da capacidade de campo, permanecia com uma lâmina de água em superfície como se houvesse um selamento superficial impedindo a percolação de água em camadas subsuperficiais. Entretanto, como a temperatura da casa de vegetação era bastante variada, especialmente pelo fato do experimento ter sido realizado no verão, a água rapidamente evaporava e o

solo não mantinha-se úmido até a próxima rega; o oposto ocorria com os solos mais argilosos. Tal situação ocasiona uma redução na difusão do oxigênio e suas trocas com a atmosfera. Como a raiz consome este elemento, seu teor poderá então diminuir muito no ar do solo, a tal ponto que a planta comece a sofrer sua deficiência (CAMARGO; ALLEONI, 2006). Além disso como o solo P5 secava muito rápido, a resistência a penetração aumentava bastante, restringindo ainda mais o crescimento de raízes e parte aérea.

Nos solos derivados de basalto (P4) e basalto+arenito (P3) as médias de MSPA para os níveis de compactação estudados não diferiram entre si. A densidade máxima atingida durante a compactação foi de  $1,50 \text{ g cm}^{-3}$  para o solo P3 e  $1,58 \text{ g cm}^{-3}$  para o solo P4, assemelhando-se a densidade do solo de arenito (P5) no nível de compactação de 85% que foi de  $1,50 \text{ g cm}^{-3}$  (Tabela 12). Nota-se também que os valores de MSPA nestas densidades foram semelhantes indicando que alguns solos, mesmo sendo compactados ao máximo, não atingem valores de densidade que influenciem significativamente a MSPA do capim-annoni. Cabe lembrar que os tratamentos não tiveram déficit hídrico, pelo contrário, nos solos com maiores teores de argila ocorreu menor evaporação, ou seja, permaneceram com maiores teores de água disponível às plantas, o que pode ser observado pela menor necessidade de água a ser repostada em cada irrigação.

Tabela 11 - Média geral da massa seca da parte aérea ( $\text{g vaso}^{-1}$ ) obtidas com diferentes solos e níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017.

Níveis de compactação	Massa seca de parte aérea ( $\text{g vaso}^{-1}$ )		
	arenito (P5)	basalto + arenito (P3)	basalto (P4)
<b>100%</b>	1,86 b	3,54 a	2,53a
<b>85%</b>	3,39 b	3,26 a	3,45 a
<b>70%</b>	4,53 a	3,58 a	3,29 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ). C.V para arenito: 10,49%; C.V. para basalto + arenito: 18,7%; C.V. para basalto: 20,7%.  
Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

### 6.3.2.2 Massa seca de raiz

As médias de massa seca de raiz (MSR) obtidas em diferentes solos e com os diferentes níveis de compactação encontram-se na Tabela 15. Nota-se que o solo derivado de arenito (P5) e basalto + arenito (P3) apresentaram as menores massas secas de raiz, nos níveis de compactação 100% e 85%. A diferença obtida no solo P5 chega a 82% entre o maior e o menor estado de compactação, enquanto que no solo P3 essa diferença cai para 41%. O solo P4, derivado de basalto não apresentou diferença entre os tratamentos. Esses valores de MSR em solos com menores teores de argila devem-se, também às alterações mais pronunciadas nas propriedades físico-hídricas principalmente do solo P5, cuja densidade máxima citada anteriormente atingiu o nível de  $1,77\text{g cm}^{-3}$ . Tal densidade reduz a disponibilidade de nutrientes e o perfilhamento das plantas, já que a massa seca de raízes depende do número de raízes, que correlaciona-se com o número de perfilhos e com comprimento das raízes. Além disso, o comprimento de raízes depende da resistência à penetração que aumenta com o aumento da densidade do solo, conforme observado por Hoffmann e Jungk (1995) em plantas de beterraba e por Stone et al. (2002) em plantas de feijão.

Tabela 12 - Massa seca de raiz ( $\text{g vaso}^{-1}$ ) obtidas com diferentes solos e níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017.

Níveis de compactação	Massa seca de raiz ( $\text{g vaso}^{-1}$ )		
	arenito (P5)	basalto + arenito (P3)	basalto (P4)
100%	0,36 b	1,04 b	1,20 a
85%	0,62 b	1,12 b	1,30 a
70%	2,08 a	1,77 a	1,55 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ). C.V para arenito: 22,94%; C.V. para basalto + arenito: 23,09%; C.V. para basalto: 39,68%.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

### 6.3.2.3 Altura de plantas

As médias de altura das plantas obtidas em função do efeito de solos e níveis de compactação, relativas a oitava avaliação, se encontram na Tabela 16. Já as Figuras 9, 10 e 11 ilustram o comportamento do capim-annoni no decorrer das oito avaliações, em cada um dos solos. Nota-se na Tabela 16 que a altura da planta só diferiu estatisticamente no solo derivado de arenito, sendo 25% e 19% inferior aos níveis 70 e 85% de compactação, respectivamente, indicando que esse solo nesta compactação foi menos favorável ao desenvolvimento do capim-annoni. Essa redução na altura de plantas, proporcionada pela compactação, deve-se às alterações nas propriedades físico-hídricas dos solos proporcionadas pela aumento da densidade do solo a níveis bastante elevados ( $1,77\text{g cm}^{-3}$ ) como já mencionado (CAMARGO, 1983; RIPOLI, 1992 e ALVARENGA et al., 1996, STONE et al., 2002); ao aumento da resistência à penetração das raízes e, principalmente, à redução das taxas de difusão da água e de nutrientes, bem como à diminuição da taxa de acúmulo de carbono pela fotossíntese (TUBEILEH et al., 2003). Observa-se também na figura 9 que a diferença entre os níveis de compactação para o solo derivado de arenito pode ser observada durante todo o período avaliado, ao contrário do comportamento observado nas figuras 10 e 11 para os demais solos, que não apresentam nem visualmente nem estatisticamente diferenças em altura, ou seja, o capim-annoni não sofre efeito dos níveis de compactação.

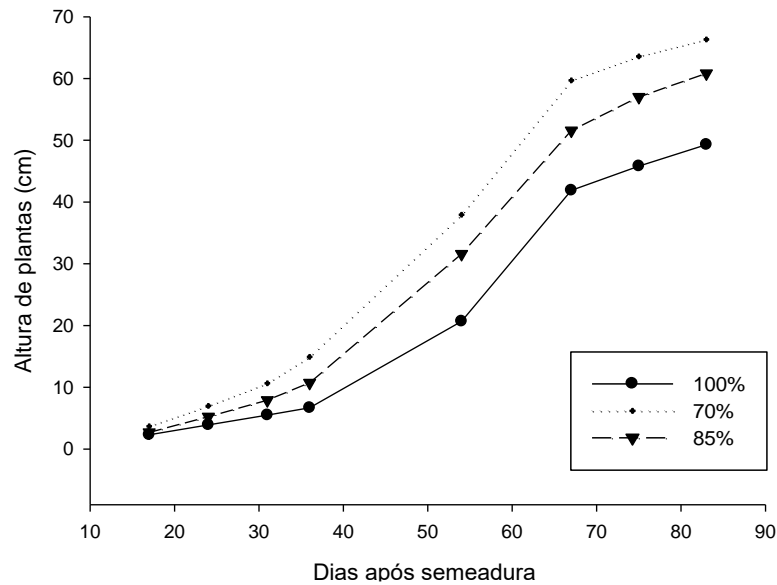
Tabela 13 - Altura de plantas ( $\text{cm vaso}^{-1}$ ) obtidas com diferentes solos e níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017.

Níveis de compactação	Altura de plantas ( $\text{cm vaso}^{-1}$ )		
	arenito (P5)	basalto + arenito (P3)	basalto (P4)
<b>100%</b>	49,3 b	73,2 a	60,9 a
<b>85%</b>	60,8 a	65,9 a	57,5 a
<b>70%</b>	66,3 a	67,0 a	60,3 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ). C.V para arenito: 10,91%; C.V. para basalto + arenito: 7,82%; C.V. para basalto: 7,23%.

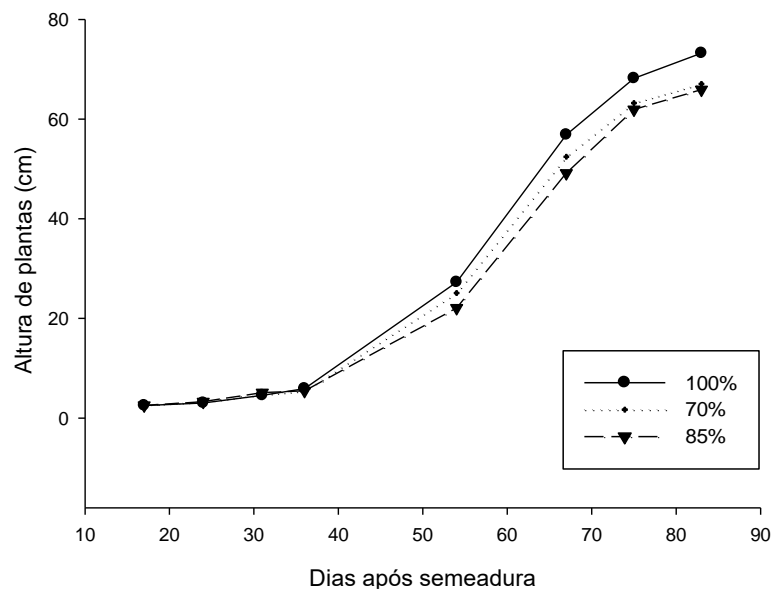
Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Figura 9 - Altura de plantas (cm vaso<sup>-1</sup>) referentes a 8 avaliações realizadas após semeadura num solo derivado de arenito com diferentes níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017.



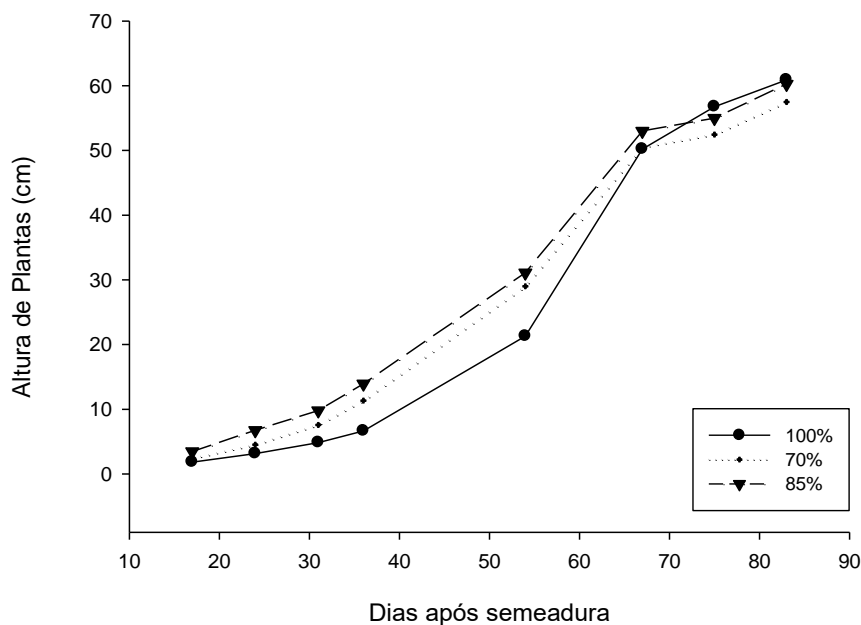
Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Figura 10 - Altura de plantas (cm vaso<sup>-1</sup>) referentes a 8 avaliações num solo derivado de basalto + arenito com diferentes níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

Figura 11 - Altura de plantas (cm vaso<sup>-1</sup>) referentes a 8 avaliações num solo derivado de basalto com diferentes níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

#### 6.3.2.4 Comprimento da última folha expandida (CUFE)

As médias de comprimento da última folha completamente expandida (CUFE) obtidas em função do efeito de solos e níveis de compactação, foram avaliadas ao final do experimento (100 dias após a semeadura), e encontram-se na Tabela 17. Observa-se que, independente do solo, o CUFE não diferiu estatisticamente nos diferentes níveis de compactação. Esse resultado, entretanto, difere dos demais parâmetros avaliados e descritos anteriormente, que apresentaram menores valores na máxima densidade atingida. As diferenças obtidas entre a altura de planta e CUFE podem estar relacionadas as épocas de avaliação: enquanto a altura de plantas foi medida aos 83 dias (8ª avaliação), o comprimento da última folha expandida foi medido apenas ao final do experimento (100 dias) indicando que apesar da altura de plantas ter sido menor no solo derivado de arenito sob compactação máxima, após 17 dias o comprimento da última folha completamente expandida não diferiu. Como o CUFE é um indicativo da taxa de crescimento da planta, pode-se inferir que, ao final do experimento, os potenciais de crescimento igualam-se o que pode ser um indicativo da capacidade de adaptação desta planta às condições adversas. Ao comparar resultados

de CUFE e MSPA nota-se que apesar destes parâmetros terem sido avaliados no mesmo dia, plantas com menor MSPA não diferiram no CUFE, ou seja, plantas com maior MSPA apesar de apresentar maiores massas tiveram comprimentos semelhantes aos de menor MSPA. Esses resultados podem ser atribuídos ao aumento de massa resultante de processos bioquímicos complexos (SBRISIA et al., 2009), ou de assimilados excedentes estocados na forma de reservas orgânicas (LEMAIRE; AGNUSDEI, 2000), que podem ocorrer em plantas de mesmo CUFE.

Tabela 14 - Comprimento da última folha expandida do capim-annoni (cm vaso<sup>-1</sup>) obtidas com diferentes solos e níveis de compactação. UDESC, Lages-SC, 2017.

Níveis de compactação	Comprimento da última folha expandida (CUFE) (cm vaso <sup>-1</sup> )		
	arenito	basalto + arenito	basalto
<b>100%</b>	41,4 a	63,0 a	47,0 a
<b>85%</b>	44,6 a	57,4 a	48,2 a
<b>70%</b>	47,2 a	59,2 a	48,8 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ), C.V. para solo arenito 13,09%, C.V. solo basalto + arenito 8,57% e C.V. solo basalto 7,23%.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

## 6.4 CONCLUSÕES

I - A germinação do capim-annoni não é influenciada pelo aumento da densidade do solo.

II - Apesar da MSPA, MSR e altura de plantas apresentarem para o solo derivado do material de origem arenito diferenças significativas entre os níveis de compactação, com menores valores quando a densidade foi máxima, não foi observada diferenças no comprimento da última folha expandida (CUFE), fato que pode ser atribuído a capacidade de adaptação da planta a ambientes extremamente compactados, já que este parâmetro fornece o potencial final de crescimento foliar. Assim, uma planta de

annoni que tenha dificuldade de acumular massa devido a condições de compactação, poderá alongar-se tanto quanto as demais, mesmo que estruturalmente seja mais fraca.





## **7 ESTUDO IV – EFEITO DO pH SOB A GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO CAPIM ANNONI**

### **7.1 INTRODUÇÃO**

Dentre os fatores que influenciam o processo de colonização e estabelecimento das plantas invasoras exóticas em determinados ambientes, o pH, desempenha um papel importante. Reddy e Smith (1987) afirmam que a acidez dos solos está entre os fatores que mais limitam o crescimento das plantas em solos tropicais. Paralelamente a esse aspecto, Maximov (1948) menciona que a concentração de hidrogênio no solo é um dos fatores essenciais que determinam a distribuição geográfica das plantas na natureza, havendo, para cada planta, um valor ótimo, máximo e mínimo de pH para o seu desenvolvimento.

Plantas invasoras caracterizam-se por sobreviver em locais frequentemente perturbados, apresentando geralmente elevadas taxas de crescimento e capacidade de exploração de nutrientes do solo. No entanto, tal como ocorre com às plantas de interesse econômico, a habilidade de sobrevivência das invasoras em certos valores de pH muda conforme a espécie, modificando também sua dinâmica populacional e por consequência sua capacidade de competição (WEAVER; HAMILL, 1985, MYERS et al., 2004).

O capim-annoni, uma planta invasora exótica já disseminada nos Campos Sulinos, parece não ser prejudicada pela acidez natural destes solos, não havendo estudos envolvendo os efeitos de diferentes níveis de pH do solo sobre seu desenvolvimento. Assim, devido ao fato da acidez do solo ser uma característica comum em todas as regiões onde a precipitação é suficientemente elevada para lixiviar quantidades apreciáveis de bases trocáveis das camadas superficiais do solo (BUCKMAN; BRADY, 1989) e considerando que os solos dos Campos Sulinos, em seu estado natural são predominantemente ácidos, apresentando restrições ao desenvolvimento da maioria das plantas, foi desenvolvido este estudo (CQFSRS/SC, 2004).

Portanto, o entendimento do comportamento da germinação das sementes e do desenvolvimento do capim-annoni em relação a fatores ambientais como o pH do solo, tem um importante papel na interpretação do comportamento ecológico da espécie no campo, possibilitando elaborar estratégias para reduzir os processos de invasão.

Considerando o exposto, este estudo teve como objetivo, avaliar o efeito da acidez do solo sob a germinação e o desenvolvimento do capim-annoni. A hipótese pressupõe que diferentes pHs do solo não influenciam a germinação e o desenvolvimento do capim-annoni.

## 7.2 MATERIAL E MÉTODOS

O solo coletado para este estudo foi um LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico originário de rochas basálticas do Grupo São Bento, com classe textural muito argilosa, coletado no município de Vacaria no estado do Rio Grande do Sul (28°21'08"S e 51°00'07"O e altitude 920m). A descrição completa deste solo encontra-se no ANEXO C.

Para execução dos tratamentos utilizaram-se amostras deformadas do horizonte superficial (0 a 20cm), que foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneira de 2 mm para realização das análises do pH em água conforme a metodologia descrita no item 5.2.2.2.2. O pH natural do solo (pH 4,8) foi elevado utilizando-se o índice SMP, conforme CQFSRS/SC (2004), sendo as quantidades de calcário necessárias por hectare ilustradas na Tabela 18.

Tabela 15 – Quantidade de calcário necessárias para elevar o pH em água do solo a 5,5, 6,0, 6,5, estimadas pelo índice SMP, CQFSRS/SC, 2004.

Índice SMP	pH desejado		
	5,5	6,0	6,5
	-----t ha <sup>-2</sup> -----		
<b>4,8</b>	8,5	11,9	15,7

Fonte: Manual de adubação e calagem para os estados do RS e SC, 2004.

Para isso, 3 frações de 15kg de solo foram separadas, e uma delas, o controle, mantida sem calcário. As outras 2 amostras foram corrigidas com calcário dolomítico (Filler) até atingir o pH 5,5 e 6,5. Os cálculos efetuados encontram-se no APÊNDICE T. Após a correção do solo foi necessário um período de dois meses para atingirem o pH desejado. Neste período, os solos adicionados em sacos, foram umedecidos e

homogeneizados duas vezes por semana. Também foram realizadas leituras semanais do pH do solo além das leituras efetuadas antes da semeadura e ao final do experimento.

Antes da montagem do experimento, amostras de solo foram coletadas para o cálculo do fator de correção da umidade (APÊNDICE U), posteriormente os tratamentos foram executados adicionando-se aos vasos massas iguais de solo. Os solos com calcário, por terem sido umedecidos semanalmente, mesmo secos ao ar mantiveram os teores de umidade superiores ao controle. Os tratamentos com calcário com massa inicial 1800g quando secos a 105°C atingiram uma massa de 1285,71g, enquanto que as unidades amostrais do tratamento sem calcário atingiram uma massa 1551,72g, como pode ser observado no APÊNDICE V. Após a montagem dos vasos, anéis metálicos foram preparados para a determinação da capacidade de campo em mesa de tensão de areia (APÊNDICE X), entretanto, por se tratar de amostras deformadas de solo e, devido a variações constantes de umidade ambiental, não foi possível que os solos adicionados nos anéis ficassem com a mesma densidade dos vasos, por isso esse valor pode ser considerado apenas um valor estimado e não o real valor da capacidade de campo. De qualquer forma, a partir desta estimativa, foi calculada a quantidade de água a ser adicionada em cada tratamento de forma a manter o solo a 80% da capacidade de campo (APÊNDICE Z). A cada dois dias os vasos foram pesados em balança eletrônica adicionando-se água até atingir a massa desejada.

## 7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.3.1 Germinação do *annoni* em diferentes pHs do solo

Conforme indicado na Tabela 19, o pH do solo teve efeito significativo na germinação do capim-*annoni*, apresentando diferenças de até 38% entre o pH 4,8 e 5,5. Alguns processos naturais são alterados pela acidez, como por exemplo, o intumescimento da semente, que depende do pH da solução (ZAMMIT; ZEDLER, 1988) ou o próprio metabolismo celular vegetal, que é dependente da concentração hidrogeniônica (LARCHER, 2000). Isselin et al. (2004), baseado em seus resultados, afirmaram que a natureza química do solo afeta a germinação, agindo tanto na porcentagem final quanto na duração do processo. Contudo, existem divergências entre os autores, pois

notam-se variações na resposta germinativa ao pH entre as diferentes espécies e, algumas vezes, dentro da mesma espécie (STUBBENDIECK, 1974)

Estudos relativos a germinação de plantas daninhas como *Urena lobata*, *Cassia tora* (SOUZA FILHO et al., 1998), *Mimosa pudica* e *Ipomea asarifolia* (SOUZA FILHO et al., 2001), em pHs 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; e 11,0 não apresentaram diferenças entre diferentes pHs do solo. Já Monquero et al., 2012, observaram em sementes de *Rottboellia exaltata* L., da mesma família do capim-annoni, maior emergência no solo com pH de 6,7 (63%) e menor em solo não corrigido, com pH de 5,4 (44%). De qualquer forma, apesar das diferenças encontradas, 45% das plantas germinaram mesmo em solos ácidos, o que explica a dispersão e estabelecimento desta espécie nos solos ácidos dos Campos Sulinos.

Tabela 16– Percentual de germinação em diferentes pHs do solo. UDESC, Lages-SC, 2017.

pH	Percentual de germinação médio (%)
4,8	45 b
5,5	73 a
6,5	71 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ), C.V. 23,42%.  
Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

### 7.3.2 Desenvolvimento do capim-annoni em diferentes pHs do solo

As médias de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), comprimento da última folha expandida (CUFE) e altura da planta (ALT) do capim-annoni, obtidas em diferentes pHs do solo, encontram-se na Tabela 20. A correção do solo através da calagem apresentou efeito significativo para a maioria dos parâmetros avaliados, exceto para a MSPA, onde as médias não diferiram estatisticamente, discordando da maioria dos resultados descritos na literatura (COSTA et al., 1989, ERNANI; ALMEIDA, 1996).

Para MSR o tratamento sem calcário (pH 4,8) obteve os menores resultados apresentando diferença de até 33,3% em relação ao maior valor (pH 5,5). Da mesma forma, o CUFE e ALT de plantas apresentaram diferenças máximas entre os tratamentos de 23% e 19%, respectivamente.

Teores de Al trocável, acima de  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , já são considerados prejudiciais às plantas, embora, o limite de toxidez possa variar com a espécie e cultivar (MALA-VOLTA, 1989). O solo utilizado para este estudo (ANEXO C) apresentou cerca de  $2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  de Al no horizonte A1 (0-26cm de espessura).

Por outro lado, Gama e Kiehl (1999) observaram que plantas cultivadas em um Argissolo da região da Amazônia, com elevados teores de alumínio trocável não apresentaram sintomas de toxidez a esse elemento ou redução da produtividade. Smyth e Cravo (1992), nesta mesma região, buscando compreender o porquê de algumas plantas se desenvolverem bem mesmo em solos sem correção, avaliaram a eficiência da utilização de calcário e gesso nas culturas de milho, soja, amendoim e caupi, para corrigir os problemas de deficiência de cálcio e excesso de alumínio em Latossolos. Eles relataram a estreita correlação entre a produtividade das culturas e a relação Ca/Al trocáveis do solo, chegando a um valor crítico de 0,42 para obtenção de máxima produtividade. Concluíram assim que a produtividade poderia não ser afetada pelo alumínio trocável desde que existisse quantidade suficiente de cálcio para manter a relação Ca/Al elevada. Esse argumento poderia explicar o resultado encontrado na MSPA já que, para solo estudado, a relação Ca/Al trocáveis é da ordem de 1,45 para o horizonte A1, superando bastante o valor crítico de 0,42. No entanto esse resultado não é condizente com os demais parâmetros avaliados (MSR, CUFE e ALT), como pode ser observado na tabela 20.

Tabela 17 - Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), comprimento da última folha expandida (CUFE) e altura de plantas na 8ª semana após a semeadura (ALT) do capim-annoni obtida em diferentes pHs do solo. UDESC, Lages-SC.

<b>pHs</b>	<b>MSPA</b> -----g vaso <sup>-1</sup> -----	<b>MSR</b>	<b>CUFE</b> -----cm vaso <sup>-1</sup> -----	<b>ALT</b>
4,8	1,2 a	0,6 b	39,5 c	46,1c
5,5	1,5 a	0,9 a	59,2 a	57,0a
6,5	1,4 a	0,8 ab	51,3 b	51,7b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $P>0,05$ ) C.V. para parte aérea, 15,63%, C.V para raízes, 20,33%, C.V. para comprimento, 9,68% e C.V. para altura de plantas, 12,95%.

Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

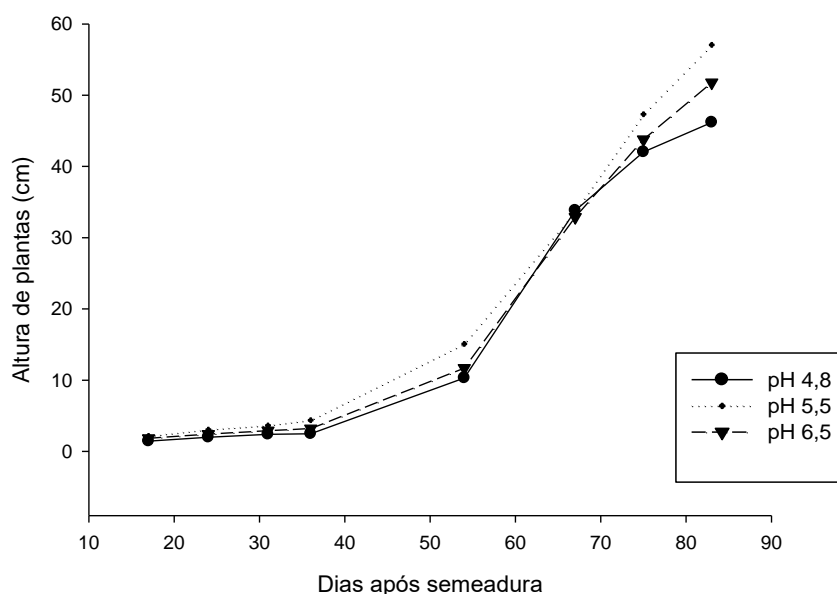
A discordância encontrada entre a MSPA e os demais parâmetros avaliados, pode ser um indício da capacidade adaptativa e plasticidade do capim-annoni. Assim,

utilizar calcário como método de controle em pastagens altamente infestadas por capim-annoni não seria a solução aos processos de disseminação do capim-annoni. Já no que diz respeito a prevenção, o calcário é importante, pois garante a competição interespecífica, tanto das plantas nativas como as plantas cultiváveis, reduzindo os focos de dispersão e causando maior sombreamento sobre as plantas de capim-annoni.

Vale lembrar que os parâmetros MSPA, MSR e CUFE foram verificados apenas ao final do estudo (100 dias após a semeadura) enquanto que, a altura de plantas (ALT) foi verificada por 8 vezes, sendo a última verificação realizada 17 dias antes do término do experimento. Ao analisar a Figura 12, observa-se que o comportamento da altura das plantas, independentemente do pH, foi muito parecido nas 6 primeiras leituras. Depois deste período, as alturas passam a se distanciar, com diferenças estatísticas observadas apenas na oitava leitura (Figura 12).

Nota-se também valores de MSR, CUFE e ALT doannoni, menores em pH 6,5 do que em pH 5,5, o que poderia ser reflexo do efeito da calagem à disponibilidade de alguns nutrientes, no entanto essa inferência só poderá ser comprovada a partir de novos estudos em meios mais alcalinos (Tabela 20)

Figura 12– Altura de plantas (cm vaso<sup>-1</sup>) obtidas em 8 leituras, em diferentes pHs do solo. UDESC, Lages-SC, 2017.



Fonte: Elaborada pela autora, 2017.

## 7.4 CONCLUSÕES

I - Embora a germinação e o crescimento do capim-annoni tenham sido menores em solos com o pH 4,8, o annoni tem capacidade de se desenvolver adequadamente bem em solos naturais, fato que demonstra a plasticidade desta espécie em solos de diferentes características químicas.

II - Nota-se também uma tendência de queda na massa seca de raiz, comprimento da última folha expandida e altura de plantas, em pH 6,5.

III - Conclui-se que a calagem não é uma solução na redução da incidência dessa planta daninha, mas pode contribuir positivamente com outras plantas nativas ou cultiváveis aumentando a capacidade competitiva destas.





## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O capim-annoni que, em meados do século XX, foi considerado uma revolução em forrageiras na região dos Campos Sulinos, na verdade foi um equívoco inconsequente e irreparável da pesquisa científica, tanto por ter sido disseminado sem estudos prévios, quanto por ter uma capacidade adaptativa e rapidez de estabelecimento superior a capacidade de controle à invasão.

Os estudos realizados demonstraram que as perdas na qualidade física e química do solo, pouco prejudicaram o estabelecimento e desenvolvimento do capim-annoni, fato que é bastante preocupante, já que, há um aumento progressivo das áreas degradadas em praticamente todas as regiões do país. A degradação do solo, implica em problemas ambientais e produtivos, além de promover o estabelecimento de plantas invasoras. Aliado a isso, a eliminação da vegetação nativa, com a abertura de novas áreas agrícolas ou pastejo intensivo colocam em risco a diversidade de espécies vegetais e também, aumentam a suscetibilidade à invasão de plantas daninhas de difícil controle como o capim-annoni.

As conclusões geradas com este estudo são de suma importância para tomada de decisão quanto às ações efetivas de controle, estas devem estar relacionadas a recuperação de áreas degradadas, manutenção da vegetação nativa, aumento do potencial produtivo através do aporte de matéria orgânica, adubação, utilização de práticas conservacionistas, entre outras.

Assim, o ponto fundamental para controlar esta espécie *Eragrostis plana* Nees é fornecer às plantas nativas ou cultiváveis condições ideais para que estas possam competir com oannoni, ou seja, é extremamente importante favorecer e acelerar a recuperação dos solos e dos ambientes invadidos.

Vale lembrar que se tal planta não fosse um problema tão sério a biodiversidade vegetal e ao consumo animal poderia ser utilizada para recuperar áreas degradadas, devido as suas condições de estabelecimento, alta capacidade de enraizamento e produção de massa seca, capacidade de agregação do solo, entre outras. Entretanto recomendar essa espécie seria mais uma vez um grande erro cometido pela ciência.

Recomenda-se para trabalhos futuros, avaliar o desenvolvimento do capim-annoni em solos com déficit hídrico, utilizando curvas de retenção de água no solo, o

que possibilitará compreender o potencial desta planta em condições de seca extrema. Também, sugere-se estudos em solos com pH superior a 6,0, já que a planta mostrou uma tendência de redução ao desenvolvimento, em pH 6,5, que pode ser devido a redução da disponibilidade de alguns micronutrientes em pHs mais elevados. Sabe-se porém, que recomendar práticas de calagem como controle do capim-annoni é praticamente inviável devido aos custos aplicação. Por fim, recomenda-se estudos relativos a dormência da espécie *Eragrostis plana* Nees, já que, o lote de sementes utilizado não apresentou dormência fisiológica como o sugerido pelas Regras de Análises de Sementes para o gênero *Eragrostis*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABICHEQUER, A. D.; et al. Crescimento e distribuição de raízes de capim-annoni 2 e do campo nativo: vantagem competitiva do capim-annoni-2. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 15, n. 1, p. 7-12, 2009.
- AJAYI, A.E.; et al. Strength attributes and compaction susceptibility of Brazilian Latosols. **Soil Till**, v. 105, n. 1, p. 122-127, 2009.
- ALCARDE, J. C.; et al. **Os adubos e a eficiência das adubações**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1991. 35 p.
- ALVARENGA, R. C.; et al. Crescimento de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 319-326. 1996.
- AMARANTE, C. V. T.; ERNANI, P. R.; SOUZA, A. G. Influência da calagem e da adubação fosfatada no acúmulo de nutrientes e crescimento da erva-de-São -João. **Hortic. Bras.**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 533-537, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-05362007000400008&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362007000400008&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 15 maio 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362007000400008>.
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. **Academic Press**, San Diego, 1998. 666p.
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. A classification system for seed dormancy. **Seed Science research**, v.14, p. 1-16, 2004.
- BATRA, L.; KUMAR, A. Effect of alkalinity on germination, growth and nitrogen-content of whistling pine (casuarina-equisetifolia) and beefwood (c-glauca). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 63, n. 7, p. 412-416, 1993.
- BEKKER, R. M. The ecology of soil seed banks in grassland ecosystems. Amsterdam: VAN DENDEREN BV.193p. 1998.
- BEWLEY J.D.; BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seed in relation to germination**. Berlin: Springer Verlag, 1994. 375 p.
- BOLDRINI, I. L. B. **Bioma Pampa: diversidade florística e fisionômica**. Porto Alegre: Pallotti, 2010. 64 p.

BOLDRINI, I. I.; KAMPF, A. N. Composição botânica dos campos naturais das estações experimentais da secretaria da agricultura do Rio Grande do Sul: Relação ilustrada de gramíneas. **Anuário Técnico do Instituto de Pesquisa Zootécnica “Francisco Osório”**, Porto Alegre, v.4, p.233-266, 1977.

BOONE, F.R. Towards soil compaction limits for crops grows. **Neth. J. Agric. Sci.**, Wageningen, v. 34, p. 349-360, 1986.

BRAIDA, J. A.; et al. Elasticidade do solo em função da umidade e do teor de carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.32, n.2, p.477-485, 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000200002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000200002&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 11 jun. 2017.

BRADY, N. C.; WEIL R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. São Paulo: Bookman, 2013.

BRAUN-BLANQUET, J. Fitosociologia. Madrid: H. Blume, 1979.

BRASIL - Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 594p.

CAMARGO, O. A., ALLEONI, L. R. F. Efeitos da compactação em atributos do solo. **Hypertexto: Informativo**, São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/C4/EFEITOS%20DA%20COMPACTA%C3%87%C3%83O%20EM%20ATRIBUTOS%20DO%20SOLO.pdf>>. Acesso em: 04 de maio de 2017.

CAVERS, P. B. Seed banks: memory in soil. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 75, n.1 p.11-13, 1995.

CARDOSO, V. J. M. Conceito e classificação da dormência em sementes. **Ecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 619-631, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/71375>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

CARNEIRO, J.W.P.; MARTINS, E.N.; BERTONHA, A. Influência da temperatura e de substratos na germinação de sementes de “Stevia” (*Stevia rebaudiana* (Bert.) Bertoni). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.9, n.1, p.101-106, 1987.

CARLOTO, B. W, et al. Alterações morfológicas de *Eragrostis pilosa* (L.) P. Beauv. submetida a diferentes condições de umidade do solo. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO. 9., 2015, Pelotas. **Anais Eletrônicos...**Pelotas: SOSBAI, 2015. Disponível em:< <http://www.cbai2015.com.br/docs/trab-2-3029-46-1506302317.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2017.

CARVALHAL, R.; MIYAZAWA, M. Doses de Alumínio/Fósforo sobre o desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica*) em solução nutritiva. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009. Londrina. **Anais Eletrônicos...**Londrina: IAPAR, 1996. Disponível em: < [http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb\\_anais/simposio6/209.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio6/209.pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2017.

CAMARGO, C. P. **Some genotypic variation in sorghum seed related to germination temperature and water absorbtion.**Mississippi, 1982. 74.p. Tese (PhD) - Mississippi State University, Mississippi, 1982.

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

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, R. L. F. Compactação do solo e desenvolvimento de plantas. Piracicaba: O. A. CAMARGO, R. L. F. ALLEONI, 1997. 132 p.

CINTRA, F.L.D. & MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, p. 197-201, 1983.

CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto-SP. **Anais...** Ribeirão Preto: UNESP, 2003. 4 p. CD-ROM.

CORSINI, P. C. **Sistemas de cultivo:** efeitos na planta e no solo. Jaboticabal, UNESP, 1979. 19 p. (Boletim Técnico).

COSTA, J. P. V. da. **Fluxo de difusivo de fósforo e de potássio em Latossolos. Viçosa:** UFV. 1998. 67p.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; SCHAMMAS, E. A. Produção de forragem, composição mineral e nodulação do guandu afetadas pela calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13. p. 51-58, 1989.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul.** Escala 1:750.000, 2006.

CQFSRS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC. **Manual de adubação e de Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 10. ed. Porto Alegre, 2004.

DALE, J. E. Some effects of temperature and irradiance on growth of the first four leaves of wheat, *Triticum aestivum*. *Annals of Botany*, v.50, p.851-858, 1982.

DAY, P.R. 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. *Methods of soil analysis.* **American Society of Agronomy**, v.1, p. 545-566.

DEKKER, J. Weed Diversity and Weed Management. **Weed Science**, v.45, n.3, p. 357-363, 1997.

D' ANTONIO C. M.; VITOUSEK P. M. Biological invasions by exotics grasses, the grass/fire cycle, and global change. **Annual review of Ecology and Systematics**, Palo Alto. v. 63, p. 63-87, 1992.

DIAS JUNIOR, M.; PIERCE, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, n. 2, p. 175-182, 1996.

DOKUCHAEV, V. V. Zones naturelles des sols. In: \_\_\_\_\_. **The study of natural zones.** Moscow, Geogratgizdat, 1900. (Republished, 1948, in Russian)

EMBRAPA. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 5ª Ed.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos.** 2. ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 221 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p. il. (EMBRAPA/CNPS-RJ. Documentos, 5).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. SANTOS, H. G. dos. et al. Brasília, DF, Embrapa/CNPS, 3.ed. 2013. 353p.

ERNANI P. R.; ALMEIDA L.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos de estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 143-150, 1986.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: O autor, 2008.

ERNANI, P.R.; et al. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 537-544, 2000.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V. Influência da calagem no rendimento de matéria seca de plantas de cobertura e adubação verde, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 897-904, 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_art-text&pid=S0100-06832001000400012&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_art-text&pid=S0100-06832001000400012&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 16 maio 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832001000400012>.

ESCOBAR, I. et al. Revisión taxonómica del género *Eragrostis* Wolf en Chile, basada en análisis estadísticos multivariados. **Gayana Bot.**, Concepción, v. 68, n. 1, p. 49-85, 2011. Disponível em <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_art-text&pid=S0717-66432011000100006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_art-text&pid=S0717-66432011000100006&lng=es&nrm=iso)>. Acesso em: 27 mar. 2017. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432011000100006>.

ESPÍNDOLA, M. B.; et al. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. **Biotemas**, Florianópolis, v. 18, n.1, p. 27-38, 2005.

EVERITT, J. H. Seed germination characteristics of two woody legumes (retama and twisted acacia) from south Texas. **Journal of Range Management**, v. 36, n. 4, p. 411-414, 1983.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil. Santo Antonio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 1999. 42p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 92).



FENNER, M. Ecology of seed banks. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 507-528.

FOLONI, J.S.S.; LIMA, S.L.; BÜL, L.T. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 49-57, 2006.

FONTOLAN, F. de O.; et al. **Bioma Mata Atlântica**. 2013. 30 p. Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2013.

FURLANI, C. E. A., et al. Influência da compactação do solo na emergência das plântulas de milho a diferentes profundidades de semeadura. **Engenharia na Agricultura**, v. 9, n. 3, p. 147-153, 2001.

GAMA, J. R. N. F.; KIEHL, J. C. Influência do alumínio de um podzólico vermelho-amarelo do Acre sobre o crescimento das plantas. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 23, n. 2, p. 475-482, 1999.

GEE, G.W.; BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. Methods of soil analysis. **American Society of Agronomy**, v.1, p. 383-411, 1986.

GOULART, I. C. G. dos R., et al. Controle de capim-annoni-2 (*Eragrostis plana*) com herbicidas pré-emergentes em associação com diferentes métodos de manejo do campo nativo. **Planta daninha**. Viçosa, MG. Vol. 27, n. 1, p. 181-190, 2009.

GRIS, C. F.; GOMES, L. L.; CORRÊA, J. B. D.; MELASIPO, G. M. V. Efeitos da compactação do solo em um Latossolo Vermelho Distroférrico Típico na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto-SP. **Anais...**Ribeirão Preto: UNESP, 2003. 3 p. CD-ROM.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and tillage research**, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005.

HASENACK, H.; et al. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: Dall'agnol, M.; Nabinger, C.; Sant'Anna, D. M. & Santos, R. J. SIMPÓSIO DE FORRAGEIRAS E PRODUÇÃO ANIMAL, 2., 2007, Porto Alegre, **Anais...**Depto. Forrageiras e Agrometeorologia/UFRGS, 2007. p. 15-21.

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

HENDERSON, J. R.; TAYLOR, R. M. Arthropod-borne virus plaques in agar overlaid tube cultures. **Experimental Biology and Medicine**, v. 101, n. 2, p. 257-259, 1959.

HILLEL, D. Soil water – Physical principles and processes. New York: **Academic Press**, 1972.

HOBBS, R. J.; HUENNEKE, L. F. Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation. **Conservation Biology**, Boston, v.6, n.3, p. 324-337, 1992.

HOFFMANN, C.; JUNGK, A. Growth and phosphorus supply of sugar beet as affected by soil compaction and water tension. **Plant and Soil**, Dodrecht, v. 176, n. 1, p. 15-25, 1995.

HOSSAIN, Md. A.; UDDIN, S. N. Mechanisms of waterlogging tolerance in wheat: Morphological and metabolic adaptations under hypoxia or anoxia. **Australian Journal of Crop Science**. v. 5, n. 9, p. 1094-1101. 2011.

INSTITUTO HÓRUS. **Espécies Exóticas Invasoras: Fichas técnicas/Eragrostis plana**. Disponível em: <<http://www.institutohorus.org.br/download/fichas/Eragrostisplana.htm>>. Acesso em: 20 out. 2016.

ISSELIN, F. BÉDECARRATS, A., SZEMBEL, J. The chemical composition on soil can affect germination capacity of alpine plant functional types. Seed Ecology, 2004. In: **International meeeting on seed and the environment**, Rhodes, Greece, 2004, 145p.

JENNY, H. **Factors of soil formation**: a system of quantitative. New York: McGraw-Hill, 1941. 271p.

KÄMPF, N.; CURI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER J.C, CURI N, SCHAEFER C. E. G. R., TORRADO, P.V. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; 2012. p.207-302.

KLEIN, V. A.; MADALOSSO, T.; BASEGGIO, M. Ensaio de Proctor normal – análise metodológica e planilha para cálculo da densidade do solo máxima e teor de

água ótimo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 199-203, 2014. ISSN 2238-1171. Disponível em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/rca/article/view/34858>>. Acesso em: 3 fev. 2017.

KER, J.C.; CURI, N; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL, P. **Pedologia**: fundamentos. Viçosa, MG: SBCS, 2012. 314p.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Secretaria Geral da OEA, Washington. 174p. 1983.

LANGER, R. H. M. How grass grow. London: **The Institute of Biology's Studies**, 1972. 60p. (Studies in Biology)

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

LEMAIRE, G.; HERBERT, Y.; CHARRIER, X. Nitrogen uptake capacities of maize and sorghum crops in different nitrogen and water supply conditions. **Agronomie**, v.16, p.231-246, 1997.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5. ed. Campinas: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2005. 100p.il.

LIMA, A. L.; DORNELLES, A. L. C. Germinação de três espécies de Annona em diferentes substratos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2002, Belém. **Resumos...** Belém: SBF/Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

LUCENA, A. M. A.; et al. Germinação de essências florestais em substratos fertilizados com matéria orgânica. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 4, n. 2, 2004.

LUCIANO, R.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; COSTA, A. da; BATISTELLA, B.; WARMLING, M.T. Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1733-1744, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000600007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba, Potafos, 1989. 201p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. p. 508-536.

MAXIMOV, N. Asimilación del carbono. In:\_\_\_\_\_. Fisiologia vegetal. Buenos Aires: **Acme Agency**, 1948. p. 144-96.

MEDEIROS R.B.; FOCHT, T. Invasão, prevenção, controle e utilização do capim-anonhi-2 (*Eragrostis plana* Ness) no Rio Grande do Sul. **Revista Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.13, n. 1-2, p. 105-114, 2007.

MEDEIROS, R. B.; et al. Longevidade de sementes de capim-anonhi-2 (*Eragrostis plana* Nees) num solo de campo natural da depressão central do RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 14., 2005, Foz do Iguaçu. **Anais...**Brasília: ABRATES. Publicado em Informativo ABRATES, Brasília, v. 15, p. 125-125, 2005.

MEDRI, M. E.; et al. Alterações morfoanatômicas em plantas de *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. submetidas ao alagamento. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, p. 15-22. 2007.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. p. 525-536.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 65-90.

MISCHAN, M. M.; PINHO, S. Z. **Experimentação Agronômica: Dados Não Balanceados**. Botucatu, SP: FUNDIBIO, 1996. p. 141-175.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas e herbicidas como fator de seleção. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 203-209, 2005.

MONQUERO, P. A., et al. Profundidade de semeadura, pH, textura e manejo da cobertura do solo na emergência de plântulas de *Rottboellia exaltata*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, 2012: Disponível em:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744117028>> ISSN 1676-546X>. Acesso em: 11 jun. 2017.

MOONEY, H. A.; HOBBS, R.J. **Invasive species in a changing world**. Wanhington D. C.: Island Press, 2000. p. 457.

MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 219-226, 2003.

MYERS, M. W.; et al. Predicting weed emergence for eight annual species in the northeastern United States. **Weed Science**, Lawrence, v. 52, n. 6, p. 913-919, 2004.

NASCIMENTO, A. **Caracterização química e digestibilidade do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) comparada com o pasto nativo, em diferentes estádios de desenvolvimento**. 1976. 67p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1976.

NASCIMENTO, A.; HALL, G.A.B. Estudos comparativos de capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) e pastagem nativa de várzea da região de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Características químico-bromatológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.13, n.2, p.7-14, 1978.

NAVE, A. G.; et al. Descrição das ações operacionais de restauração In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S; ISERNHAGEN I. (Org.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009. p. 256.

NOGUEIRA, J.B. **Mecânica dos solos. Ensaio de Laboratório**. São Carlos, EESC-USP, 1998. 248p.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia Aplicada**. 4.ed. Jaboticabal: FEALQ, 2011. 592 p.

OLIVEIRA, I. P.; et al. Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, Montes Belos-GO, v.1, n.1, p. 1-12, 2005.  
PASSIOURA, J.B. Soil structure and plant growth. **Aust. J. Soil Res.**, v. 29, p. 717-728, 1991.

PEREIRA, J. C. Seca e escarificação do solo favorecem a germinação de espécie exótica em campo nativo. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRGS, 27., 2015. Porto Alegre, RS. **Anais Eletrônicos...** Porto Alegre, UFRGS, 2015. Disponível em: <[http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/137596/Resumo\\_43060.pdf?sequence=1](http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/137596/Resumo_43060.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 11 jun. 2017.

PIANKA, E. R. On *r* and *K* selection. **American Naturalist**, v. 104, p. 592-597. 1970.

PILLAR, V. de P.; LANGE O. **Os Campos do Sul**. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos, UFRGS, 2015. 192 p.

PIMENTEL, D.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. **Ecological Economics**, v. 52, p. 273-288, 2005.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289 p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico de pastagens**: em regiões tropicais e subtropicais. São Paulo: Nobel, 1999.

R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2005.  
Disponível em:<<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 15 maio 2017.

REDDY, K. R.; SMITH, W. H. **Aquatic plants for water treatment and resource recovery**. Orlando: Magnolia Press, 1987.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em ciência do solo**, v. 5, p. 49-134, 2007.

REICHERT, J. M. et al. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, v. 102, n. 2, p. 242-254. 2009.

REINERT, D.J. et al. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto irrigado. CARLESSO, R. et al. (Eds.). **Irrigação por aspersão no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Palloti, 2001. p.114-133.

REIS, A. **Manejo e conservação das florestas catarinenses**. 1993. 137 p. Tese (Trabalho apresentado para o Concurso de Professor Titular de Botânica Aplicada) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.

REIS, J. C. L.; COELHO, R. W. Controle do capim-annoni-2 em campos naturais e pastagens. Pelotas: **Embrapa-CPACT**, 2000. 21 p. (Circular Técnica, 22)

RESENDE, M.; et al. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 5.ed. Lavras: UFLA, 2007. 322p.

RESENDE, M.; et al. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 6.ed. Lavras: UFLA, 2014. 378p.

RESENDE, M.; LANI, J. L.; REZENDE, S. B. Pedossistemas da Mata Atlântica: considerações pertinentes sobre a sustentabilidade. **Revista Árvore**, v.26, n. 3, p. 261-269, 2002.

RIBEIRO, G. J. T.; et al. A. Compactação e sua influência no desenvolvimento e produção de arroz, em três classes de solos. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto-SP. **Anais...**Ribeirão Preto: UNESP, 2003. 4 p. CD-ROM.

RIBEIRO, M. A. V. **Resposta da soja e do eucalipto a fósforo em solos de diferentes texturas, níveis de densidade e de umidade**. 1999. 71 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1999.

RIPOLI, T. C. **Compactação e subsolagem. Programa São Paulo vai ao campo**. BANESPA, 1992. 18 p.

RITCHIE, J.T. Soil water availability. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 58, p. 327-338, 1981.

ROCHA, A. A.; COSTA, J. P. de O. **A Reserva da biosfera da Mata Atlântica e sua aplicação no Estado de São Paulo**. São Paulo: Terra Virgem, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 1998.

ROSOLEM, C.A. Calagem e adubação mineral. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 353-385.

SÁ, M. A. C.; JUNIOR, J. D. G. S. **Compactação do solo**: consequências para o crescimento vegetal. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005.

SALTON, Júlio Cesar, et al. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.1. 2008.

SBRISSIA, A.F.; et al. Crescimento da planta forrageira: aspectos relativos ao consumo e valor nutritivo da forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 25., 2009, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2009. p.37-59.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; ALMEIDA, K. A.; RIGONI, M. R. Efeito do álcool e substrato na germinação de sementes de sibipiruna (*Caesalpinia pelthophoroides* Benth.) colhidas no chão e retiradas da vagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 389-392, 2003.

SCHNEIDER, E. C.; GUPTA, S. C. Corn emergence as influenced by soil temperature, matric potential, and aggregate size distribution. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, n. 2, p. 415-422, 1985.

SCHNYDER, R. H. et al. An integrated view of c and n uses in leaf growth zones of defoliated grasses. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C. (Eds.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK, 2000. p.41-60.

SHELEY, R.L.; KRUEGER-MANGOLD, J. Principles for restoring invasive plant-infested rangeland. **Weed Science**, v. 51, n.2, p. 260-265. 2003.

SIBERLOFF, D. Invasive species. In: SODHI N. S., EHRLICH r. e. **Conservation biology**. Boston: Oxford University Press, 2010. Chap 7, p. 131-152.

SILVA, V.R. da; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, p. 191-199, 2000.

SILVA, F. M. **Influência do tipo de rodas compactadoras de semeadoras-adubadoras, no condicionamento físico do solo e no desenvolvimento de plantas**. 1990. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 191-199, 2000.

SILVA, G.J.; MAIA, J.C.S.; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação sub superficial e a diferentes graus de



compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 3, p. 1-40, 2006.

SILVA, A.P. da; KAY, B.D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p. 1775-1781, 1994.

SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S. Aluminum and calcium constraints to continuous crop production in a brazilian amazon Oxisol. **Agron. J.**, v. 84, p. 843-850, 1992.

SOARES, A. A. Desvendando o segredo do insucesso do plantio direto do arroz de terras altas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 58-66, 2004.

SOANE, B.D.; OUWERKERK, C. van. Soil compaction problems in world agriculture. In: \_\_\_\_\_. **Soil compaction in crop production**. Amsterdam, Elsevier, 1994. p.1-21.

SOUZA, R. B. Corretivo da acidez do solo e níveis de umidade no desenvolvimento da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.1, p.25-31, 2010.

SOUZA FILHO, A. P. S.; et al. Germinação de sementes de plantas daninhas de pastagens cultivadas: Mimosa pudica e Ipomoea asarifolia. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 19, n. 1, p. 23-31, 2001.

SOUZA FILHO, A. P. S.; et al. Efeitos de diferentes substratos e da profundidade de semeadura na germinação de sementes de mata-pasto e malva. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 16, n. 1, p. 67-74, 1998.

SOUZA FILHO, A.P.S.; VELOSO, C.A.C.; GAMA, J.R.N. Capacidade de absorção de nutrientes do capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) e da planta daninha malva (*Urena lobata*) em função do pH. **Planta daninha**, Viçosa , v. 18,n. 3,p. 443-450, 2000. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-83582000000300008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582000000300008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 16 maio 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582000000300008>.

STONE, R. J.; EKWUE, E. I. Maximum bulk density achieved during soil compaction as affected by the incorporation of three organic materials. **Transactions of the ASAE-American Society of Agricultural Engineers**, v. 36, n. 6, p. 1713-1790, 1993.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 213-218, 2002.

STRECK, C.A. et al. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, v. 34, p. 755-760, 2004.

STRECK, E. V., et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, 2008.

STUBBENDIECK, J. Effect of pH on germination of three grass species. **Journal of Range Management**. v.27, p. 78-79,1974.

SUZUKI, L. E. A. S., et al. Areia total de solos sob diferentes tempos de agitação horizontal, tempo de contato do dispersante químico e dispersão mecânica. **REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**, n.15, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Belmont: The Benjamin Cummings, 1991. p. 426-449.

TAIZ L; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3.ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 690 p.

TAKAHOSHI, N. Physiology of dormancy. In: MATSUO, T., KUMAZAWA, K., ISHII, R., et al. **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agricultural Policy Research Center, 1995. p. 45-65.

TAVARES FILHO, J. et al. Resistência à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 725-730, 2001.

TAYLOR, D.; ARKIN, G.F. Root zone modification fundamentals and alternatives. In: \_\_\_\_\_. **Modifying the root environment to reduce crop stress**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1981. p. 3-16.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solos-UFRGS, 1995. 174 p.

TUBEILEH, A.; et al. Effect of soil on photosynthesis and carbon partitioning within a maize-soil system. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 151-161, 2003.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos**. São Paulo, USP, 1977. 509p.

VARGAS, R. M. B. **Mecanismos de suprimento de K, Ca, Mg e P às raízes de milho em solos do Rio Grande do Sul**. 1982. 93 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.

VERTUCCI, C. W.; LEOPOLD, A. C. Dynamics of imbibition by soybean embryos. **Plant physiology**, v. 72. n. 1: p. 190-193, 1983.

VIVIAN, R. et al. Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência: breve revisão. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 695-706, 2008.

VIDOR, C.; FREIRE, J. R. J. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre a fixação simbiótica do nitrogênio pela soja (*Glycine max*(L.) Merrill). **Agr. Sulriog.**, v. 7, p. 181-190, 1972.

WEAVER, S. E.; HAMILL, A. S. Effects of soil pH on competitive ability and leaf nutrient content of corn (*Zea mays* L.) and three weed species. **Weed Science**, Champaign, v. 33, n. 4, p. 447-451, 1985.

WHITEMAN, P.C.; MENDRA, K. Effects of storage and seed treatments on germination of *Brachiaria decumbens*. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.10, p.233-242, 1982.

WITTENBERG, R.; COCK, M. J. W. **Invasive alien species: A toolkit of best prevention and management practices**. Wallingford: CAB International, 2001.

ZAMMIT, C.A., ZEDLER, P.H. Germination response to extreme acidity: Impact of simulated acid deposition from a single shuttle launch. **Environmental and Experimental Botany**, v. 28, p. 73-81, 1988.

ZHAO, Y.; et al. Modeling grazing effects on coupled water and heat fluxes in Inner Mongolia grassland. **Soil Till**, v. 109, p. 75-86, 2010.

ZILLER, S. R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. **Revista Ciência Hoje**, São Paulo, v.30, n.178, p. 77-79, 2001.

## APÊNDICES

<b>APÊNDICE A</b>	Perfil (3) / (P3) (A1 - Descrição geral, A2 - Descrição morfológica e A3 - Atributos físicos e químicos).
<b>APÊNDICE B</b>	Cálculo da umidade gravimétrica na capacidade de campo dos solos P3, P4 e P5 para os diferentes materiais de origem.
<b>APÊNDICE C</b>	Cálculo de 80% da capacidade de campo para os tratamentos com diferentes materiais de origem.
<b>APÊNDICE D</b>	Determinação da umidade dos solos P3, P4 e P5 para ensaio de Proctor.
<b>APÊNDICE E</b>	Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P3, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).
<b>APÊNDICE F</b>	Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P4, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).
<b>APÊNDICE G</b>	Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P5, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).
<b>APÊNDICE H</b>	Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P3, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).
<b>APÊNDICE I</b>	Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P4, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).
<b>APÊNDICE J</b>	Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P5, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).
<b>APÊNDICE K</b>	Cálculos da umidade necessária para realizar compactações de 70 e 85% da compactação máxima do <b>solo P3</b> .
<b>APÊNDICE L</b>	Cálculos da umidade necessária para realizar compactações de 70 e 85% da compactação máxima do <b>solo P4</b> .
<b>APÊNDICE M</b>	Cálculos da umidade necessária para realizar compactações de 70 e 85% da compactação máxima do <b>solo P5</b> .
<b>APÊNDICE N</b>	Planilha para cálculo do fator de correção da umidade, para os solos P3, P4 e P5.

<b>APÊNDICE O</b>	Cálculo da quantidade de água e massa de solo necessárias para montagem do tratamento com nível de compactação de 100%, referente ao solo P3.
<b>APÊNDICE P</b>	Planilha elaborada para calcular a quantidade de água e massa de solo dos tratamentos com diferentes níveis de compactação para os solos P3, P4 e P5.
<b>APÊNDICE Q</b>	Planilha elaborada para cálculo da massa de solo e de água que dicionadas em um anel de volume conhecido ( $141,37\text{cm}^3$ ) para que a compactação destes seja igual à dos tratamentos e para que se possa a partir destes anéis, submetidos a mesa de tensão de areia, obter a capacidade de campo para cada nível de compactação.
<b>APÊNDICE R</b>	Cálculo da umidade gravimétrica na capacidade de campo dos P5 para os diferentes níveis de compactação.
<b>APÊNDICE S</b>	Cálculo de 80% da capacidade de campo para os tratamentos com diferentes níveis de compactação.
<b>APÊNDICE T</b>	Quantidade de calcário dolomítico adicionado ao solo, utilizando o índice SMP.
<b>APÊNDICE U</b>	Cálculo do fator de correção da umidade, para o LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico, com a massa do solo úmido obtido após secagem ao ar e massa do solo seco após secagem em estufa a $105^\circ\text{C}$ . UDESC, Lages-SC, 2017.
<b>APÊNDICE V</b>	Cálculo da massa seca do solo a $105^\circ\text{C}$ para os tratamentos em diferentes pHs. UDESC, Lages-SC, 2017.
<b>APÊNDICE X</b>	Anéis montados para cálculo da umidade volumétrica e gravimétrica média na capacidade de campo do LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico utilizado para avaliações do efeito do pH sobre a germinação e desenvolvimento do capim-annoni. UDESC, Lages-SC, 2017.
<b>APÊNDICE Z</b>	Cálculo da massa total de solo e água a ser adicionado nos tratamentos com diferentes pHs para obtenção de solos a 80% da capacidade de campo. UDESC, Lages-SC, 2017.

**APÊNDICE A - PERFIL (3) / (P3) (A1 - DESCRIÇÃO GERAL, A2 - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E A3 - ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS).**

**A1 – DESCRIÇÃO GERAL**

**DATA** - 10.09.2016

**CLASSIFICAÇÃO** - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico húmico

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS** - BR 285, Direção Lagoa Vermelha - Passo Fundo/RS, passa Mato Castelhano, passa a represa e entra a esquerda.

**COORDENADAS** - 28° 14' 20,1" S e 52° 19' 14,8" WGr.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** - Descrito e coletado em barranco de corte da estrada, em topo de elevação, sob pastagem natural.

**ALTITUDE** - 725m

**LITOLOGIA** - Basalto e arenito.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** - Formação Tupanciretã.

**CRONOLOGIA** - Jurássico-Cretáceo -120 - 140 Ma.

**MATERIAL ORIGINÁRIO** - Produto de alteração do material supracitada.

**PEDREGOSIDADE** - Não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** - Não rochosa.

**RELEVO LOCAL** - Plano a suave ondulado.

**RELEVO REGIONAL** - Suave ondulado.

**EROSÃO** - Não aparente.

**DRENAGEM** - Bem drenado.

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** - Floresta subtropical.

**USO ATUAL** - Pastagem.

**CLIMA** - Cfb, da classificação de Köppen.

**DESCRITO E COLETADO POR** - Letícia Sequinatto, Jaime Júnior, Josie Moraes Mota, Ricardo Basso e Marciano Istchuk.

## A2 - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1** 0-13cm, bruno muito escuro (7,5YR 2,5/3, úmido); bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, seco); franco-argilo-arenosa; fraca granular pequena e média, blocos subangulares fracos, muito pequenos e pequenos que se desfazem em granular média e pequena; muito dura, muito friável, ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição clara ondulada.
- A2** 13-32cm, bruno muito escuro (7,5YR 2,5/3 úmido); bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, seco); franco-argilo-arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares que se desfazem em granular moderada a fraca, média e pequena; dura, muito friável, ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição clara plana.
- A3** 32-50cm, bruno muito escuro (7,5YR 2,5/2, úmido); bruno-escuro (7,5YR 3/4, seco); argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares que se desfazem em granular moderada a fraca, média e pequena; duro, muito friável, ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição gradual plana.
- AB** 50-67cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, seco); argilosa; fraca pequena e média granular pequena e muito pequena; blocos subangulares que se desfazem em média e pequena granular fraca; ligeiramente dura; muito friável; ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição gradual plana.
- BA1** 67-85, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, úmido); bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, seco); argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares que se desfazem em granular moderada a fraca, média e pequena; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição gradual plana.
- BA2** 85-107,5cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR, 2,5/3, úmido); bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, seco); argilosa; fraca pequena e média blocos subangulares que se desfazem em granular moderada a fraca, média e pequena; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw1** 107,5-127,5cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, úmido); vermelho-amarelado (5YR 4/6, seco); argilosa; moderada pequena e média granular blocos subangulares fracos que se desfazem em média e pequena fraca granular; macia; muito friável; ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw2** 127,5-155cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, úmido); vermelho (2,5YR 4/6, seco); argilosa; fraca pequena e média granular blocos subangulares fracos que se desfazem em média e pequena granular fraca; macia, muito friável, ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; difusa e plana.

**Bw3** 155-186cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, úmido); vermelho (2,5YR 4/6, seco); argilosa; fraca pequena e média granular blocos subangulares fracos que se desfazem em média e pequena granular fraca; ligeiramente dura; muito friável; ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição difusa e plana.

**Bw4** 186cm+, vermelho (2,5YR 4/6, úmido); vermelho (2,5YR 4/6, seco); argilosa; fraca pequena e média granular blocos subangulares fracos que se desfazem em média e pequena granular fraca; ligeiramente dura; muito friável; ligeiramente plástica a plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição clara ondulada.

**RAÍZES -** Comuns, finas e muito finas, fasciculares A1; poucas, finas e muito finas, fasciculadas A2; raras, muito finas, fasciculadas A3, AB, BA1, BA2, e BW1.





**APÊNDICE B** - Cálculo da umidade gravimétrica na capacidade de campo dos solos P3, P4 e P5 para os diferentes materiais de origem.

SOLO	REP.	atbs	atb1m	atbs105°C	atb	mssat.	ms1m	mss105°	vol	Θ <sub>ssat</sub>	Θ <sub>1m</sub>	MΘ <sub>ssat</sub>	MΘ <sub>1m</sub>	ug	Mug
					-----g-----				---cm <sup>3</sup> ---	-----cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> -----				----- g g <sup>-1</sup> -----	
P3	1	320,09	284,18	233,55	87,31	232,78	196,87	146,24	141,37	0,61	0,36	0,64	0,36	0,35	0,3475
	2	326,55	285,67	233,00	85,37	241,18	200,30	147,63	141,37	0,66	0,37			0,36	
	3	325,28	282,10	232,29	85,64	239,64	196,46	146,65	141,37	0,66	0,35			0,34	
P4	1	323,18	277,03	234,43	87,28	235,90	189,75	147,15	141,37	0,63	0,30	0,61	0,30	0,29	0,2917
	2	317,61	275,72	232,13	85,61	232,00	190,11	146,52	141,37	0,60	0,31			0,30	
	3	317,74	274,08	231,92	85,56	232,18	188,52	146,36	141,37	0,61	0,30			0,29	
P5	1	339,55	306,99	266,17	85,85	253,70	221,14	180,32	141,37	0,52	0,29	0,51	0,26	0,23	0,2032
	2	339,68	303,28	267,06	85,54	254,14	217,74	181,52	141,37	0,51	0,26			0,20	
	3	338,24	302,04	268,63	86,73	251,51	215,31	181,90	141,37	0,49	0,24			0,18	

Legenda- atbs: massa do anel + tule + borracha + solo saturado; atb1m: massa do anel + tule + borracha + solo sucção 1m; atbs105°C: massa do anel + tule + borracha + solo seco 105°; atb: massa do anel + tule + borracha; mssat: massa do solo saturado; ms1m: massa do solo com sucção de 1m; mss105°: massa do solo seco a 105°C; volume do anel: 141,37cm<sup>3</sup>; Θ<sub>ssat</sub>: umidade volumétrica do solo saturado; Θ<sub>1m</sub>: umidade volumétrica solo sucção 1m; MΘ<sub>ssat</sub>: Média da umidade volumétrica do solo saturado; MΘ<sub>1m</sub>: Média da umidade volumétrica na sucção 1m; ug: umidade gravimétrica do solo; Mug: média da umidade gravimétrica.



**APÊNDICE C** - Cálculo de 80% da capacidade de campo para os tratamentos com diferentes materiais de origem.

TRAT	ug100%cc	ug80%cc	FC	MSSAR	MMS105°C	ADDS	M total
	----- g g <sup>-1</sup> -----			-----g-----			
<b>P3</b>	0,348	0,278	1,07	1950,00	1822,43	506,70	2929,13
<b>P4</b>	0,292	0,233	1,05	1720,00	1638,10	382,25	2620,34
<b>P5</b>	0,203	0,163	1,02	2060,00	2019,61	328,30	2947,91

Legenda – ug100%cc: umidade gravimétrica a 100% da capacidade de campo; ug80%cc: umidade gravimétrica a 80% da capacidade de campo; FC: fator de correção; MSSAR: massa de solo seco ao ar; MSS105 °C: massa de solo seco a 105°C; ADDS: quantidade de água adicionada ao solo seco; M total: Massa total (solo seco 105°C + água + 600g (massa do vaso + pratinho + material inerte)).

**APÊNDICE D-** Determinação da umidade dos solos P3, P4 e P5 para ensaio de Proctor.

Tabela 18 – Ensaio de Proctor para o LATOSSOLO VERMELHO Distrófico húmico (P3). UDESC, Lages-SC, 2017.

Amostra	Lata	mlat	mlat+msu	mlat+ss	msu	mss	ug	H <sub>2</sub> O a ser adicionada	ug a ser atingida
		-----g-----					g g <sup>-1</sup>	mL	gg <sup>-1</sup>
1	P3	14,17	61,64	59,88	47,47	45,71	0,039	390,00	0,205
2	P3	14,17	61,64	59,88	47,47	45,71	0,039	440,00	0,225
3	P3	14,17	61,64	59,88	47,47	45,71	0,039	490,00	0,245
4	P3	14,17	61,64	59,88	47,47	45,71	0,039	540,00	0,265
5	P3	14,17	61,64	59,88	47,47	45,71	0,039	590,00	0,285
6	P3	14,17	61,64	59,88	47,47	45,71	0,039	640,00	0,305

Legenda - mlat: massa da lata; msu: massa do solo úmido; mss: massa do solo seco a 105°C; ug: umidade gravimétrica. Essa planilha para cálculo foi disponibilizada em <http://www.upf.br/lafas>.

Fonte: Adaptado de Klein (2012).

Tabela 19 – Ensaio de Proctor para o LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico (P4). UDESC, Lages-SC, 2017.

Amostra	Lata	mlat	mlat+msu	mlat+mss	msu	mss	ug	H <sub>2</sub> O a ser adicionada	ug a ser atingida
		-----g-----					g g <sup>-1</sup>	mL	g g <sup>-1</sup>
1	P4	15,16	69,59	68,52	54,43	53,36	0,02	510,00	0,238
2	P4	15,16	69,59	68,52	54,43	53,36	0,02	560,00	0,258
3	P4	15,16	69,59	68,52	54,43	53,36	0,02	610,00	0,278
4	P4	15,16	69,59	68,52	54,43	53,36	0,02	610,00	0,298
5	P4	15,16	69,59	68,52	54,43	53,36	0,02	710,00	0,318
6	P4	15,16	69,59	68,52	54,43	53,36	0,02	760,00	0,338

Legenda - mlat: massa da lata; msu: massa do solo úmido; mss: massa do solo seco a 105°C; ug: umidade gravimétrica. Essa planilha para cálculo foi disponibilizada em <http://www.upf.br/lafas>.

Fonte: Adaptado de Klein (2012).

Tabela 20 – Ensaio de Proctor para o LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (P5). UDESC, Lages-SC, 2017.

Amostra	Lata	mlat	mlat+msu	mlat+mss	msu	mss	ug	H <sub>2</sub> O a ser adicionada	ug a ser atingida
		-----g-----					g g <sup>-1</sup>	mL	g g <sup>-1</sup>
1	P5	27,75	111,28	108,67	83,53	80,92	0,032	155,00	0,099
2	P5	27,75	111,28	108,67	83,53	80,92	0,032	189,87	0,114
3	P5	27,75	111,28	108,67	83,53	80,92	0,032	224,75	0,129
4	P5	27,75	111,28	108,67	83,53	80,92	0,032	259,62	0,144
5	P5	27,75	111,28	108,67	83,53	80,92	0,032	294,50	0,159
6	P5	27,75	111,28	108,67	83,53	80,92	0,032	329,376	0,174

Legenda - mlat: massa da lata; msu: massa do solo úmido; mss: massa do solo seco a 105°C; ug: umidade gravimétrica. Essa planilha para cálculo foi disponibilizada em <http://www.upf.br/lafas>.

Fonte: Adaptado de Klein (2012).

**APÊNDICE E - Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P3, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).**

Amostra	msu+mcil	Lata	mlata	ml+msu	ml+mss	ma	mss	ug	ugmédia	msscilindrão	mss cilindrão	DS
			-----g-----			-----g g <sup>-1</sup> -----			-----g-----			g cm <sup>-3</sup>
1	4314	P311	29,38	155,13	135,02	20,11	105,64	0,1904	0,192	1814	1521,98	1,52
		P312	29,43	208,23	179,41	28,82	149,98	0,1922				
		P313	28,02	167,85	145,22	22,63	117,20	0,1931				
2	4394	P321	31,04	210,41	178,49	31,92	147,45	0,2165	0,215	1894	1558,93	1,56
		P322	29,22	206,71	175,87	30,84	146,65	0,2103				
		P323	27,56	212,48	179,38	33,10	151,82	0,2180				
3	4408	P331	29,53	185,32	155,89	29,43	126,36	0,2329	0,235	1908	1544,47	1,54
		P332	29,00	202,27	169,38	32,89	140,38	0,2343				
		P333	31,09	196,14	164,31	31,83	133,22	0,2389				
4	4380	P341	31,79	213,73	176,44	37,29	144,65	0,2578	0,256	1880	1496,37	1,50
		P342	27,85	176,02	145,83	30,19	117,98	0,2559				
		P343	31,11	202,49	167,62	34,87	136,51	0,2554				
5	4374	P351	25,13	232,61	187,35	45,26	162,22	0,2790	0,278	1874	1466,84	1,47
		P352	28,34	167,68	137,54	30,14	109,20	0,2760				
		P353	26,57	166,76	136,29	30,47	109,72	0,2777				
6	4354	P361	30,96	196,18	158,17	38,01	127,21	0,2988	0,297	1854	1429,02	1,43
		P362	29,59	184,93	149,23	35,70	119,64	0,2984				
		P363	30,22	190,15	153,72	36,43	123,50	0,2950				

Legenda – mcil: massa do cilindro; mlata: massa da lata; msu: massa do solo úmido; mss: massa do solo seco a 105°C; ug: umidade gravimétrica; DS: densidade do solo. Essa planilha para cálculo foi disponibilizada em <http://www.upf.br/lafas>.

**APÊNDICE F** - Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P4, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).

Amostra	msu+mcil	Lata	mlata	ml+msu	ml+mss	ma	mss	ug	ug média	msu cilindro	mss cilindro	DS
-----g-----								----- g g <sup>-1</sup> -----	-----g-----			g cm <sup>-3</sup>
1	4126	P411	27,06	166,35	144,42	21,93	117,36	0,187	0,186	1626	1370,45	1,37
		P412	29,86	185,68	161,16	24,52	131,30	0,187				
		P413	29,48	151,88	132,70	19,18	103,22	0,186				
2	4410	P421	28,58	147,58	125,36	22,22	96,78	0,230	0,229	1910	1554,06	1,55
		P422	30,66	139,45	118,95	20,50	88,29	0,232				
		P423	30,00	145,66	124,39	21,27	94,39	0,225				
3	4482	P431	27,83	144,70	120,81	23,89	92,98	0,257	0,254	1982	1580,04	1,58
		P432	18,96	117,09	97,28	19,81	78,32	0,253				
		P433	30,10	171,75	143,12	28,63	113,02	0,253				
4	4496	P441	18,83	141,16	115,32	25,84	96,49	0,268	0,269	1996	1573,45	1,57
		P442	20,41	121,02	99,64	21,38	79,23	0,270				
		P443	27,73	178,56	146,68	31,88	118,95	0,268				
5	4460	P451	25,78	155,75	126,42	29,33	100,64	0,291	0,292	1960	1517,11	1,52
		P452	30,83	177,25	144,14	33,11	113,31	0,292				
		P453	29,17	154,03	125,80	28,23	96,63	0,292				
6	4426	P461	30,01	220,74	175,54	45,20	145,53	0,311	0,310	1926	1469,90	1,47
		P462	28,13	193,51	154,36	39,15	126,23	0,310				
		P463	27,65	175,75	140,69	35,06	113,04	0,310				

Legenda – mcil: massa do cilindro; mlata: massa da lata; msu: massa do solo úmido; mss: massa do solo seco a 105°C; ug: umidade gravimétrica; DS: densidade do solo. Essa planilha para cálculo foi disponibilizada em <http://www.upf.br/lafas>.

**APÊNDICE G** - Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P5, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).

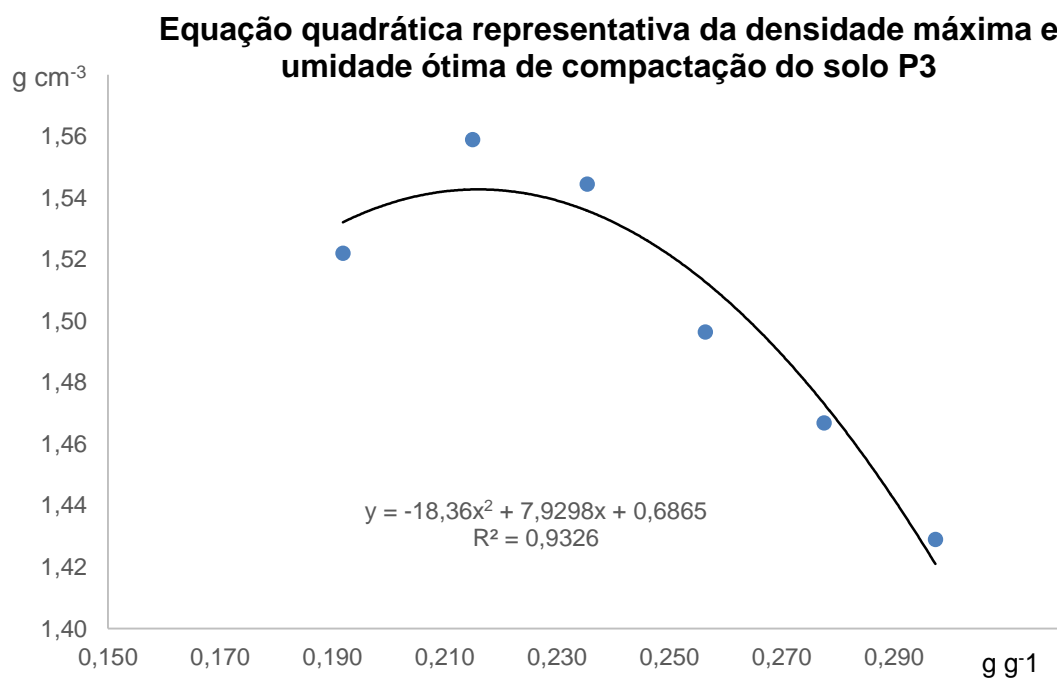
Amostra	msu+mcil	Lata	mlata	ml+msu	ml+mss	ma	mss	ug	ug média	msu cilindro	mss cilin- drão	DS
	-g-		-----g-----					----g g <sup>-1</sup> ----			-----g-----	g cm <sup>-3</sup>
1	4320	11	29,55	154,38	143,34	11,04	113,79	0,097	0,099	1820	1656,72	1,66
		12	30,98	160,29	148,70	11,59	117,72	0,098				
		13	28,06	176,86	163,31	13,55	135,25	0,100				
2	4374	21	18,83	130,26	118,84	11,42	100,01	0,114	0,113	1874	1683,71	1,68
		22	30,20	173,51	158,97	14,54	128,77	0,113				
		23	31,67	204,40	187,01	17,39	155,34	0,112				
3	4448	31	26,98	185,49	167,66	17,83	140,68	0,127	0,129	1948	1725,31	1,73
		32	28,26	195,23	175,98	19,25	147,72	0,130				
		33	30,32	184,36	166,62	17,74	136,30	0,130				
4	4521	41	30,61	187,86	168,02	19,84	137,41	0,144	0,146	2021	1764,22	1,76
		42	31,03	201,66	179,74	21,92	148,71	0,147				
		43	30,00	211,46	188,50	22,96	158,50	0,145				
5	4536	51	30,96	202,96	179,45	23,51	148,49	0,158	0,160	2036	1755,54	1,76
		52	27,78	188,37	166,16	22,21	138,38	0,161				
		53	25,07	153,02	135,33	17,69	110,26	0,160				
6	4514	61	25,60	200,74	174,69	26,05	149,09	0,175	0,174	2014	1715,35	1,72
		62	27,49	200,27	174,62	25,65	147,13	0,174				
		63	28,58	217,59	189,68	27,91	161,10	0,173				

Legenda – mcil: massa do cilindro; mlata: massa da lata; msu: massa do solo úmido; mss: massa do solo seco a 105°C; ug: umidade gravimétrica; DS: densidade do solo. Essa planilha para cálculo foi disponibilizada em <http://www.upf.br/lafas>.





**APÊNDICE H** - Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P3, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).

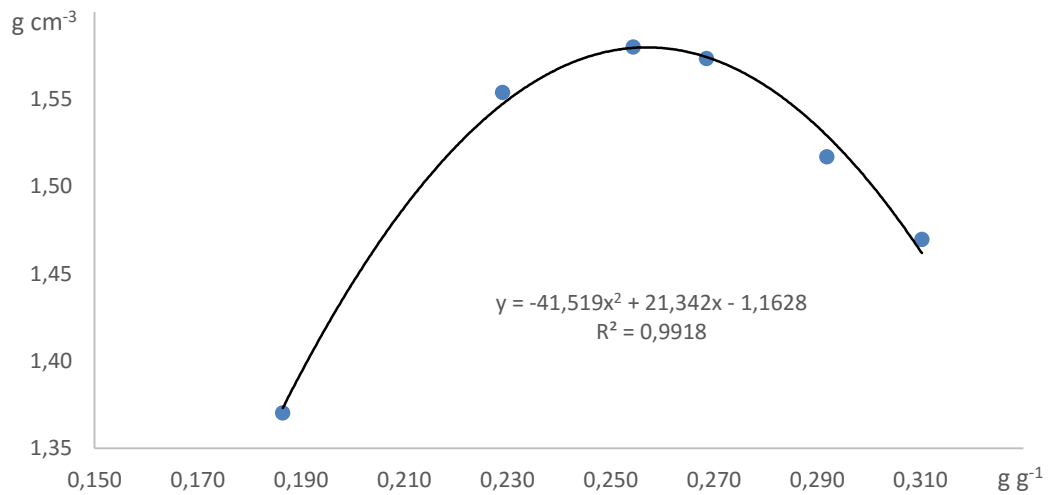


**Densidade máxima = 1,543g cm<sup>-3</sup>**

**Umidade ótima de compactação: 0,216g g<sup>-1</sup>**

**APÊNDICE I** - Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P4, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).

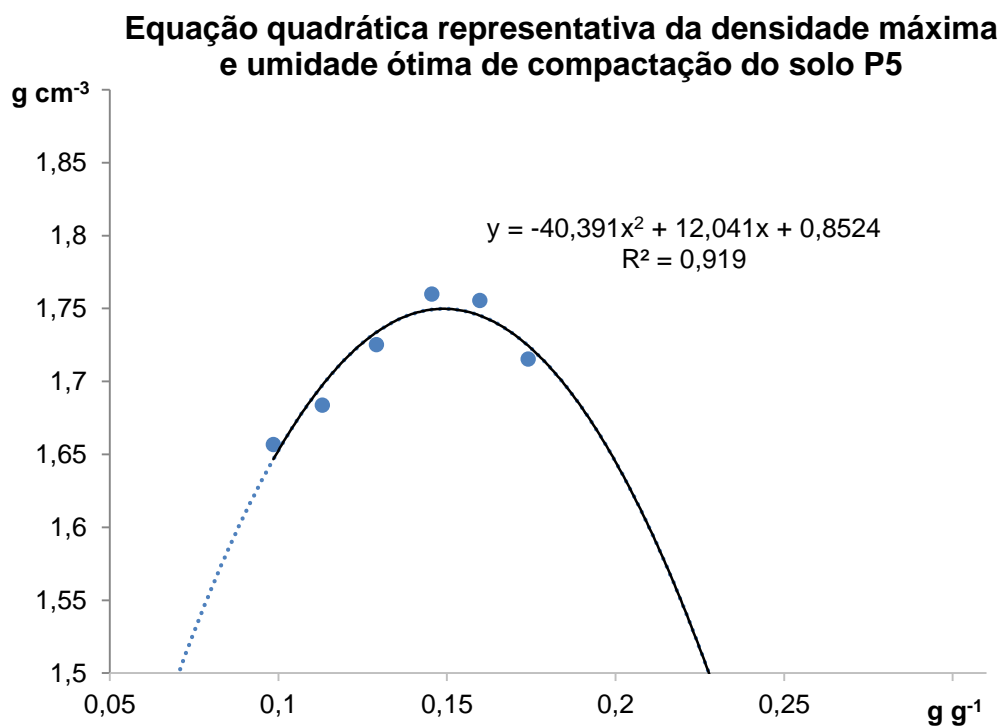
**Equação quadrática representativa da densidade máxima e umidade ótima de compactação do solo P3**



**Densidade máxima:**  $1,58 \text{ g cm}^{-3}$

**Umidade ótima de compactação:**  $0,257 \text{ g g}^{-1}$

**APÊNDICE J** - Determinação da curva de compactação de Proctor para o solo P5, baseada nas planilhas eletrônicas desenvolvidas por Klein (2014).



**Densidade máxima:** 1,751g cm<sup>-3</sup>

**Umidade ótima de compactação:** 0,149 g g<sup>-1</sup>

**APÊNDICE K** - Cálculos da umidade necessária para realizar compactações de 70 e 85% da compactação máxima do **solo P3**.

Equação representativa da curva obtida pelo ensaio de Proctor:

$$y = -18,36x^2 + 7,9298x + 0,6865, \text{ onde:}$$

x= umidade gravimétrica;

y= densidade do solo;

**Densidade máxima do solo: 1,543g cm<sup>-3</sup>**

**Umidade ótima de compactação: 0,216g g<sup>-1</sup>**

$$\textbf{70\% da densidade máxima} = 1,543\text{gcm}^{-3} \times 70/100 = 1,08 \text{ gcm}^{-3}$$

Substituindo este valor em y encontra-se x:

$$1,08 = -18,36x^2 + 7,9298x + 0,6865$$

$$x' = 0,37 \text{ g g}^{-1}$$

$$x'' = 0,06 \text{ g g}^{-1}$$

$$\textbf{85\% da densidade máxima} = 1,543\text{gcm}^{-3} \times 85/100 = 1,31\text{gcm}^{-3}$$

Substituindo este valor em y encontra-se x:

$$1,31 = -18,36x^2 + 7,9298x + 0,6865$$

**APÊNDICE L - Cálculos da umidade necessária para realizar compactações de 70 e 85% da compactação máxima do solo P4.**

Equação representativa da curva obtida pelo ensaio de Proctor:

$$y = -41,519x^2 + 21,342x - 1,1628, \text{ onde:}$$

x= umidade gravimétrica

y= densidade do solo

**Densidade máxima do solo: 1,58 g cm<sup>-3</sup>**

**Umidade ótima de compactação: 0,257 g g<sup>-1</sup>**

**70% da densidade máxima** =  $1,58 \text{ gcm}^{-3} \times 70/100 = 1,106 \text{ gcm}^{-3}$

Substituindo este valor em y encontra-se x:

$$1,106 = -41,519x^2 + 21,342x - 1,1628$$

$$x' = 0,37 \text{ g g}^{-1}$$

$$x'' = 0,14 \text{ g g}^{-1}$$

**85% da densidade máxima** =  $1,58 \text{ gcm}^{-3} \times 85/100 = 1,343 \text{ gcm}^{-3}$

Substituindo este valor em y encontra-se x:

$$1,31 = -41,519x^2 + 21,342x - 1,1628$$

$$x' = 0,34 \text{ g g}^{-1}$$

$$x'' = 0,17 \text{ g g}^{-1}$$

**APÊNDICE M** - Cálculos da umidade necessária para realizar compactações de 70 e 85% da compactação máxima do **solo P5**.

Equação representativa da curva obtida pelo ensaio de Proctor:

$$y = -40,391x^2 + 12,041x + 0,8524, \text{ onde:}$$

x= umidade gravimétrica

y= densidade do solo

**Densidade máxima do solo: 1,751g cm<sup>-3</sup>**

**Umidade ótima de compactação: 0,149g g<sup>-1</sup>**

**70% da densidade máxima** =  $1,751 \text{ gcm}^{-3} \times 70/100 = 1,225 \text{ gcm}^{-3}$

Substituindo este valor em y encontra-se x:

$$1,225 = -40,391x^2 + 12,041x + 0,8524$$

$$x' = 0,26 \text{ g g}^{-1}$$

$$x'' = 0,04 \text{ g g}^{-1}$$

**85% da densidade máxima** =  $1,751 \text{ gcm}^{-3} \times 85/100 = 1,488 \text{ gcm}^{-3}$

Substituindo este valor em y encontra-se x:

$$1,488 = -40,391x^2 + 12,041x + 0,8524$$

$$x' = 0,23 \text{ g g}^{-1}$$

$$x'' = 0,07 \text{ g g}^{-1}$$

**APÊNDICE N** - Planilha para cálculo do fator de correção da umidade, para os solos P3, P4 e P5.

L	Solo	ML	ML+MSU	ML+MSS	MSU	MSS	FC	FCU
-----g-----								
15	P3	13,87	91,19	86,8	77,32	72,93	1,06	1,065
12	P3	15,58	75,72	71,56	60,14	55,98	1,07	
49	P4	14,17	74,81	71,97	60,64	57,8	1,05	1,050
4	P4	13,91	87,74	80,56	73,83	66,65	1,11	
40	P5	14,46	58,05	57,34	43,59	42,88	1,02	1,020
3	P5	15,38	66,17	65,16	50,79	49,78	1,02	

Legenda – L: lata ; ML: massa da lata; MSU: Massa do solo úmido; MSS: Massa do solo seco a 105°C; FC: Fator de correção da umidade; FCU: Fator de correção utilizado.



**APÊNDICE O** - Cálculo da quantidade de água e massa de solo necessárias para montagem do tratamento com nível de compactação de 100%, referente ao solo P3.

Volume do vaso= 1628,60 cm<sup>3</sup>

Densidade máxima do solo: 1,543g cm<sup>-3</sup>

Umidade ótima de compactação do solo: 0,216g g<sup>-1</sup>

$D = \text{Massa}(M) / \text{Volume}(V)$

$1,543 \text{ g cm}^{-3} = M / 1628,60 \text{ cm}^3$

**M = 2512,93 g de solo seco a 105°C**

Quantidade de água que deve ser adicionado (z)

0,216g de água	1 g de solo
z	2512,92

**z=542,79 g de água**

Utilizando o FC calculado (APÊNDICE M) tem-se:

FC= 1,065

**2512,93 \*1,065=2676,27g**

Logo 2512,93 g de solo seco a 105°C equivale a 2688,83g de solo seco ao ar que deve ser adicionado no vaso para uma compactação de 100%.

Quantidade de água a ser adicionada:

2676,27-2512,93=163,34g de água já tem no solo.

542,79-163,34=366,89 g de água devem ser adicionados.

Para realizar os cálculos das compactações foi criada uma planilha no programa Excel baseada nos cálculos acima (APÊNDICE O)

**APÊNDICE P** - Planilha elaborada para calcular a quantidade de água e massa de solo dos tratamentos com diferentes níveis de compactação para os solos P3, P4 e P5.

TRAT	DS	ug	MS105°C	FC	MSAr	MAA	MAT	MAF	MS
	g cm <sup>-3</sup>	g g <sup>-1</sup>			----- g-----				
<b>P3</b>									
70%	1,08	0,06	1759,05	1,07	1873,39	100,49	114,34	-13,85	2473,39
85%	1,31	0,10	2135,99	1,07	2274,83	221,32	138,84	82,48	2874,83
100%	1,54	0,22	2512,93	1,07	2676,27	542,79	163,34	379,45	3276,27
<b>P4</b>									
70%	1,11	0,14	1801,23	1,05	1891,29	259,32	90,06	169,26	2491,29
85%	1,34	0,17	2187,21	1,05	2296,57	378,22	109,36	268,86	2896,57
100%	1,58	0,26	2573,19	1,05	2701,85	661,31	128,66	532,65	3301,85
<b>P5</b>									
70%	1,23	0,04	1996,18	1,02	2036,10	70,16	39,92	30,23	2636,10
85%	1,49	0,07	2423,93	1,02	2472,41	166,29	48,48	117,81	3072,41
100%	1,75	0,15	2877,74	1,02	2935,29	428,78	57,55	371,23	3535,29

Legenda - TRAT: Tratamentos (diferentes níveis de compactação dos solos P3, P4 e P5); DS: Densidade do solo; ug: Umidade gravimétrica; MS105°C: Massa de solo seco a 105°C; FC: Fator de correção; MSAr: Massa de solo seco ao ar; MAA: Massa de água que deve ser adicionada ao solo seco a 105°C para realizar a compactação; MAT: Massa de água que o solo seco ao ar já tem; MAF: Massa de água que ainda falta adicionar ao solo para realizar a compactação; MS: Massa do solo seco ao ar mais a massa do vaso, pratinho e material inerte (600g).

**APÊNDICE Q** - Planilha elaborada para cálculo da massa de solo e de água que devem ser adicionadas em um anel de volume conhecido ( $141,37\text{cm}^3$ ) para que a compactação destes seja igual à dos tratamentos e para que se possa a partir destes anéis, submetidos a mesa de tensão de areia, obter a capacidade de campo para cada nível de compactação.

TRAT	DS	ug	MS105°C	FC	MSAr	MAA	MAT	MAF	MS+ÁGUA
	--g cm <sup>-3</sup> --	--g g <sup>-1</sup> --	----- g-----						
<b>P3</b>									
70%	1,08	0,06	152,68	1,07	162,60	8,72	9,92	-1,20	161,40
85%	1,31	0,10	185,41	1,07	197,47	19,21	12,05	7,16	204,63
100%	1,54	0,22	218,13	1,07	232,31	47,99	14,18	33,81	266,12
<b>P4</b>									
70%	1,11	0,14	156,36	1,05	164,17	21,89	7,82	14,07	178,24
85%	1,34	0,17	189,86	1,05	199,35	32,28	9,49	22,78	222,14
100%	1,58	0,26	223,36	1,05	234,53	57,40	11,17	46,24	280,77
<b>P5</b>									
70%	1,23	0,04	173,28	1,02	176,74	6,09	3,47	2,62	179,37
85%	1,49	0,07	210,41	1,02	214,62	14,43	4,21	10,23	224,84
100%	1,75	0,15	247,54	1,02	252,49	36,88	4,95	31,93	284,42

Legenda - TRAT: Tratamentos (diferentes níveis de compactação dos solos P3, P4 e P5); DS: Densidade do solo; ug: Umidade gravimétrica; MS105°C: Massa de solo seco a 105°C; FC: Fator de correção; MSAr: Massa de solo seco ao ar; MAA: Massa de água que deve ser adicionada ao solo seco a 105°C para realizar a compactação; MAT: Massa de água que o solo seco ao ar já tem; MAF: Massa de água que ainda falta adicionar ao solo para realizar a compactação; MS + ÁGUA: Massa do solo seco ao ar mais água.

**APÊNDICE R** - Cálculo da umidade gravimétrica na capacidade de campo dos solos P3, P4 e P5 para os diferentes níveis de compactação.

SOLO	REP.	atbs	atb1m	atbs105°C	atb	mssat.	ms1m	mss105°	vol	Θ <sub>ssat</sub>	Θ <sub>1m</sub>	MΘ <sub>ssat</sub>	MΘ <sub>1m</sub>	ug	mug
-----g-----									--cm <sup>3</sup> --	-----cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> -----				-----g g <sup>-1</sup> -----	
<b>P3R1</b>	70%	313,18	268,09	229,30	86,66	226,52	181,43	142,64	141,37	0,59	0,27	0,60	0,27	0,27	0,27
	85%	345,45	301,80	256,81	85,86	259,59	215,94	170,95	141,37	0,63	0,32	0,63	0,32	0,26	0,26
	100%	405,19	397,98	344,39	144,11	261,08	253,87	200,28	141,37	0,43	0,38	0,47	0,39	0,27	0,27
<b>P3R2</b>	70%	317,02	269,46	230,89	86,70	230,32	182,76	144,19	141,37	0,61	0,27			0,27	
	85%	348,19	304,42	259,21	86,60	261,59	217,82	172,61	141,37	0,63	0,32			0,26	
	100%	362,80	347,78	291,75	86,65	276,15	261,13	205,10	141,37	0,50	0,40			0,27	
<b>P4R1</b>	70%	322,70	262,03	223,86	88,01	234,69	174,02	135,85	141,37	0,70	0,27	0,67	0,27	0,28	0,28
	85%	336,97	298,03	250,30	85,36	251,61	212,67	164,94	141,37	0,61	0,34	0,63	0,34	0,29	0,29
	100%	356,67	341,66	277,91	85,52	271,15	256,14	192,39	141,37	0,56	0,45	0,55	0,46	0,33	0,34
<b>P4R2</b>	70%	312,00	260,56	221,92	85,90	226,10	174,66	136,02	141,37	0,64	0,27			0,28	
	85%	340,70	297,92	250,55	85,94	254,76	211,98	164,61	141,37	0,64	0,34			0,29	
	100%	357,16	346,16	280,31	86,41	270,75	259,75	193,90	141,37	0,54	0,47			0,34	
<b>P5R1</b>	70%	337,08	287,78	258,70	86,86	250,22	200,92	171,84	141,37	0,55	0,21	0,54	0,21	0,17	0,17
	85%	368,19	329,17	295,29	85,27	282,92	243,90	210,02	141,37	0,52	0,24	0,50	0,24	0,16	0,16
	100%	383,73	371,85	331,13	86,07	297,66	285,78	245,06	141,37	0,37	0,29	0,37	0,29	0,17	0,17
<b>P5R2</b>	70%	334,96	290,13	260,03	86,31	248,65	203,82	173,72	141,37	0,53	0,21			0,17	
	85%	398,34	363,23	328,49	121,29	277,05	241,94	207,20	141,37	0,49	0,25			0,17	
	100%	386,65	374,95	334,16	87,74	298,91	287,21	246,42	141,37	0,37	0,29			0,17	

Legenda- atbs: massa do anel + tule + borracha + solo saturado; atb1m: massa do anel + tule + borracha + solo sucção 1m; atbs105°C: massa do anel + tule + borracha + solo seco 105°; atb: massa do anel + tule + borracha; mssat: massa do solo saturado; ms1m: massa do solo com sucção de 1m; mss105°: massa do solo seco a 105°C; vol: volume do anel = 141,37cm<sup>3</sup>; Θ<sub>ssat</sub>: umidade volumétrica solo saturado; Θ<sub>1m</sub>: umidade volumétrica solo sucção 1m; MΘ<sub>ssat</sub>: média umidade volumétrica solo saturado; MΘ<sub>1m</sub>: média umidade volumétrica solo sucção 1m; ug: umidade gravimétrica; mug: média da umidade gravimétrica.



**APÊNDICE S** - Cálculo de 80% da capacidade de campo para os tratamentos com diferentes níveis de compactação.

Tratamentos	ug 100%cc	ug 80% cc	D	MSS105°C	ADDS	M total
	-----g g <sup>-1</sup> -----		g cm <sup>-3</sup>	-----g -----		
P3 70%	0,27	0,216	1,05	1710,03	368,96	2678,99
P3 85%	0,26	0,210	1,275	2076,47	436,14	3112,60
P3 100%	0,27	0,216	1,50	2442,90	528,41	3571,31
P4 70%	0,28	0,226	1,106	1801,23	407,11	2808,34
P4 85%	0,29	0,231	1,343	2187,21	504,94	3292,15
P4 100%	0,34	0,268	1,58	2573,19	690,61	3863,80
P5 70%	0,17	0,137	1,239	2017,84	276,44	2894,27
P5 85%	0,16	0,132	1,505	2450,23	322,43	3372,66
P5 100%	0,17	0,133	1,77	2882,62	382,46	3865,08

Legenda – ug 100% cc: umidade gravimétrica a 100% da capacidade de campo; ug 80% da cc: umidade gravimétrica a 80% da capacidade de campo; D: densidade do solo nos diferentes níveis de compactação; MSS105 °C: massa de solo seco a 105°C, determinado pela fórmula:  $D=m/v$ , onde m: massa do solo e v: volume do vaso (1628,6cm<sup>3</sup>); ADDS: quantidade de água adicionada ao solo seco; M total: Massa total (solo seco 105°C + água + 600g (massa do vaso + pratinho + material inerte)).

**APÊNDICE T** - Quantidade de calcário dolomítico adicionado ao solo, utilizando o índice SMP.

**Índice SMP = 4,8**

a) Desejado pH 5,5:

Necessidade de 8,5t ha<sup>-2</sup>.

Um (1) hectare na camada de 0 a 20cm  $\approx 20000\text{m}^3 \approx 2.000.000\text{kg}$  de solo (considerando a densidade do solo de  $1\text{g cm}^{-3}$ )

2.000.000kg de solo - 8,5 toneladas

15 kg de solo - x

$$x = 6,375 \times 10^{-5} \text{ t} = 63,75\text{g}$$

**Conclusão:** Para elevar o pH de 4,8 para 5,5 em 15 kg de solo é necessário adicionar 63,75g de calcário como pode ser observado nos cálculos efetuados.

b) Desejado pH 6,5:

2.000.000kg de solo - 15,7 toneladas

15 kg de solo - x

$$x = 11,775 \times 10^{-5} \text{ t} = 117,75\text{g}$$

**Conclusão:** Para elevar o pH de 4,8 para 6,5 em 15 kg de solo é necessário adicionar 117,75g de calcário.

**OBSERVAÇÃO:** Devido ao poder tampão do solo e a incerteza relativa a pureza do calcário, optou-se por adicionar a esses valores calculados mais 20%.

Assim, os valores adicionados aos solos foram, 76,5g e 141,3g para elevar o pH dos solos para 5,5 e 6,5, respectivamente.

**APÊNDICE U** - Cálculo do fator de correção da umidade, para o LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico, com a massa do solo úmido obtido após secagem ao ar e massa do solo seco após secagem em estufa a 105°C. UDESC, Lages-SC, 2017.

Tratamentos	PL	PL+MSU	PL+MSS	MSU	MSS	FC
	-----g-----					
<b>pH 4,8 s/calcário</b>	14,87	51,18	46,15	36,31	31,28	1,160
<b>pH 5,5</b>	15,12	54,51	42,21	39,39	27,09	1,454
<b>pH 6,5</b>	15,67	69,36	53,19	53,69	37,52	1,431

Legenda – PL: Massa da lata; MSU: Massa do solo úmido; MSS: Massa do solo seco a 105°C; FC: Fator de correção da umidade;



**APÊNDICE V** - Cálculo da massa seca do solo a 105°C para os tratamentos em diferentes pHs. UDESC, Lages-SC, 2017.

<b>Tratamentos</b>	<b>S + V + A + P</b>	<b>MSSA</b>	<b>FC</b>	<b>MSS105°C</b>
	-----g-----			--g--
<b>pH 4,8 s/calcário</b>	2400	1800	1,16	1551,72
<b>pH 5,5</b>	2400	1800	1,40	1285,71
<b>pH 6,5</b>	2400	1800	1,40	1285,71

Legenda – S: Massa do solo; V: Massa do vaso vazio; A: Massa do material inerte; P: Massa do pratinho; MSSA: Massa do solo seco ao ar; FC: Fator de correção da umidade; MSS105°C: Massa de solo seco a 105°C.

**APÊNDICE X** - Anéis montados para cálculo da umidade volumétrica e gravimétrica média na capacidade de campo do LATOS-SOLO BRUNO Distrófico típico utilizado para avaliações do efeito do pH sobre a germinação e desenvolvimento do capim-annoni. UDESC, Lages-SC, 2017.

REP.	atbs	atb1m	atbs105°C	atb	mssat.	ms1m	mss105°	vol	Θ <sub>ssat</sub>	Θ <sub>1m</sub>	ug
	-----g-----							cm <sup>3</sup>	-----cm <sup>3</sup>	cm <sup>-3</sup> -----	--g g <sup>-1</sup> --
1	305,2	266,3	209,17	86,87	218,3	179,41	122,30	141,37	0,68	0,404	0,47
2	305,9	265,5	208,75	86,21	219,7	179,29	122,54	141,37	0,69	0,401	0,46
3	308,9	265,8	208,76	85,18	223,7	180,65	123,58	141,37	0,71	0,403	0,46
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	0,69	0,40	0,46

Legenda - atbs: massa do anel + tule + borracha + solo saturado; atb1m: massa do anel + tule + borracha + solo sucção 1m; atbs105°C: massa do anel + tule + borracha + solo seco 105°; atb: massa do anel + tule + borracha; mssat: massa do solo saturado; ms1m: massa do solo com sucção de 1m; mss105°: massa do solo seco a 105°C; volume do anel: 141,37cm<sup>3</sup>; Θ<sub>ssat</sub>: umidade volumétrica solo saturado; Θ<sub>1m</sub>: umidade volumétrica solo sucção 1m; ug: umidade gravimétrica do solo.



**APÊNDICE Z** - Cálculo da massa total de solo e água a ser adicionado nos tratamentos com diferentes pHs para obtenção de solos a 80% da capacidade de campo. UDESC, Lages-SC, 2017.

<b>pHs</b>	<b>ug 100%cc</b>	<b>ug 80% cc</b>	<b>FC</b>	<b>MSSAR</b>	<b>MMS105°C</b>	<b>ADDS</b>	<b>M total</b>
	$\text{g}^3 \text{g}^{-3}$				-----g-----		
<b>4,8</b>	0,46	0,37	1,16	1800	1550,71	575,60	2126,26
<b>5,5</b>	0,46	0,37	1,40	1800	1285,71	477,26	1762,97
<b>6,5</b>	0,46	0,37	1,40	1800	1285,71	477,26	1762,97

Legenda – ug 100% cc: umidade gravimétrica a 100% da capacidade de campo; ug 80% da cc: umidade gravimétrica a 80% da capacidade de campo; FC: fator de correção; MSSAR: massa de solo seco ao ar; MSS105 °C: massa de solo seco a 105°C; ADDS: quantidade de água.



## **ANEXOS**

**ANEXO A** Perfil (4) (A1 - Descrição geral, A2 - Descrição morfológica e A3 - Atributos físicos e químicos)

**ANEXO B** Perfil (5) (B1 - Descrição geral, B2 - Descrição morfológica e B3 - Atributos físicos e químicos)

**ANEXO C** Perfil (15) (C1 - Descrição geral, C2 - Descrição morfológica e c3 - Atributos físicos e químicos)



**ANEXO A PERFIL (4) (A1 - DESCRIÇÃO GERAL, A2 - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E A3 - ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS)**

**A1 - DESCRIÇÃO GERAL**

**Data** – 12.10.1999

**CLASSIFICAÇÃO SiBCS** - LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico.

**LOCALIZAÇÃO** - a 900m do trevo Ibirubá - XV de Novembro - Fortaleza dos Vales - Cruz Alta, sentido Ibirubá - Selback, lado direito, corte de estrada com 4 m de altura. 28°38'18,5"S e 53°05'6,4"W.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** - Topo

**ALTITUDE** - 450 m

**LITOLOGIA** - Basalto

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** - Grupo São Bento Formação Serra Geral

**CRONOLOGIA** - Jurássico-Cretáceo -120 - 140 Ma

**MATERIAL ORIGINÁRIO** - Produto de alteração da rocha acima mencionada.

**PEDREGOSIDADE** - Não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** - Não rochosa.

**RELEVO LOCAL** - Suave ondulado.

**RELEVO REGIONAL** - Suave ondulado e ondulado.

**EROSÃO** - Não aparente.

**DRENAGEM** - Acentuadamente drenado

**USO ATUAL** - Mata secundária (capoeirão)

**CLIMA** - Cfb, da classificação de Köppen.

**DESCRITO E COLETADO POR** - Márcio Rossi, Jaime Antônio de Almeida, Maurício Rizzato Coelho, Gustavo Ribas Curcio e Américo Pereira de Carvalho



## A2 - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1** 0 a 26 cm; vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/2); muito argilosa; fraca a moderada grande e média blocos subangulares que se desfaz em forte pequena e muito pequena granular;..., muito friável a friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
- A2** 26 a 54 cm; vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/2); muito argilosa; fraca a moderada grande e média blocos subangulares que se desfaz em forte pequena e muito pequena granular;..., friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
- AB** 54 a 71 cm; vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/3); muito argilosa; moderada grande e média blocos subangulares que se desfaz em forte muito pequena e pequena granular;..., friável a firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.
- BA** 71 a 100 cm; vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/4); muito argilosa; moderada grande e média blocos subangulares que se desfaz em forte pequena e muito pequena granular;..., firme, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw1** 100 a 138 cm; vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/4); muito argilosa; moderada a fraca grande e média blocos subangulares que se desfaz em forte muito pequena e pequena granular;..., firme a friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw2** 138 a 188 cm; vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/4); muito argilosa; fraca a moderada média e grande blocos subangulares que se desfaz em fraca muito pequena e pequena granular;..., firme a friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw3** 188 a 290 cm; vermelho-escuro-acinzentado (10R 3/4); muito argilosa; fraca média grande blocos subangulares que se desfaz em forte muito pequena e pequena granular;..., friável, plástica e pegajosa.
- RAÍZES:** A1 e A2 - Muito fasciculadas finas, poucas grossas e comuns médias; AB - comuns finas e poucas médias; Bw2 - poucas finas e médias; Bw3 - raras.

**POROS:** A1 e A2 - Muito pequenos, poucos grandes e médios; AB e BA - comuns pequenos e muito pequenos; Bw1 e Bw2 – muitos/comuns pequenos e muito pequenos.

### A3 – ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS

Horizontes		Frações da Amostra			Composição Granulométrica da Terra Fina			Argila Disp. em água	Grau de Floc.	Rel. Silte/ Argila	
Simb	Prof.	Calh	Casc	T.Fina	Areia	Silte	Argila				
	cm	g kg <sup>-1</sup>							%		
A1	0 – 26	0	0	1000	215	212	573	368	36	0,37	
A2	26 – 54	0	0	1000	171	252	577	412	29	0,44	
AB	54 – 71	0	0	1000	155	209	636	369	42	0,33	
BA	71 – 100	0	0	1000	91	127	782	21	97	0,16	
Bw1	100 – 138	0	0	1000	82	135	783	0	100	0,17	
Bw2	138 – 188	0	0	1000	103	115	782	0	100	0,15	
Bw3	188 – 290	0	0	1000	119	100	781	0	100	0,13	
pH (1:2,5)		Complexo Sortivo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							V	m	
Água	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	(%)	(%)
4,9	4,3	5,9	1,2	0,09	0,04	7,2	0,4	6,9	14,5	50	5
4,4	3,8	1,5	0,9	0,04	0,02	2,5	2,1	6,8	11,4	22	46
4,8	4,0	2,5	1,2	0,02	0,02	3,7	1,1	5,5	10,3	36	23
5,1	4,2	3,4	1,4	0,03	0,03	4,9	0,5	4,9	10,3	48	9
5,1	4,2	2,3	1,7	0,04	0,03	4,1	0,6	4,9	9,6	43	13
5,1	4,3	1,5	1,5	0,03	0,03	3,1	0,5	4,2	7,8	40	14
5,3	4,3	0,9	1,0	0,03	0,02	1,9	0,5	3,7	6,1	31	21
C-Org	Ataque Sulfúrico							SiO <sub>2</sub> /	Si <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /	
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>				
g kg <sup>-1</sup>								(Ki)	(Kr)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
19,0		176			173		187		1,73	1,02	1,45
13,2		155			166		205		1,59	0,89	1,27
9,5		171			183		199		1,59	0,94	1,44
8,3		217			216		173		1,71	1,13	1,96
6,9		209			220		169		1,61	1,08	2,04
4,5		196			201		180		1,66	1,05	1,75
3,4		207			203		197		1,73	1,07	1,62

**ANEXO B PERFIL (5) (B1 - DESCRIÇÃO GERAL, B2 - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E B3 - ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS)**

**B1 - DESCRIÇÃO GERAL**

**Data** - 12.10.1999

**CLASSIFICAÇÃO SiBCS** - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico.

**LOCALIZAÇÃO** - Estrada Santa Maria – Cruz Alta, 7 km após o trevo de acesso a Tupanciretã. 28°58'44,2"S e 53°38'38"W.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** - Topo com 6% de declive.

**ALTITUDE** - 480 m.

**LITOLOGIA** - Arenito.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** - Formação Tupanciretã.

**CRONOLOGIA** - Terciário

**MATERIAL ORIGINÁRIO** - Produto de alteração da rocha acima mencionada.

**PEDREGOSIDADE** - Não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** - Não rochosa.

**RELEVO LOCAL** - Suave ondulado.

**RELEVO REGIONAL** - Suave ondulado e ondulado.

**EROSÃO** - Não aparente.

**DRENAGEM** - Acentuadamente drenado

**USO ATUAL** – Pastagem

**CLIMA** – Cfb, da classificação de Köppen.

**DESCRITO E COLETADO POR** - Márcio Rossi, Jaime Antônio de Almeida, Maurício Rizzato Coelho, Gustavo Ribas Curcio e Américo Pereira de Carvalho.

**OBSERVAÇÕES:** Perfil descrito sob chuva; intensa atividade biológica até Bw2; fragmentos de riodacito (poucos) com diâmetro médio de 10 cm; atividade de argila sem correção para carbono: Bw1-20,5; Bw2- 15,9; atividade de argila com correção para carbono: Bw1-15,3; Bw2- 12,5.

## B2 – DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- Ap** 0 a 35 cm; vermelho-escuro-acinzentado/bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3); franco-argilo-arenosa; moderada média blocos subangulares que se desfaz em pequena e muito pequena granular;..., friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
- AB** 35 a 60 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3,5); franco-argilo-arenosa; moderada média blocos subangulares que se desfaz em pequena e muito pequena granular;..., friável a firme, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
- BA1** 60 a 79 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3,5); franco-argilo-arenosa; moderada/fraca grandes blocos subangulares que se desfaz em fraca pequena e muito pequena granular;..., friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
- BA2** 79 a 105 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4); franco-argilo-arenosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em fraca pequena e muito pequena granular;..., friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
- Bw1** 105 a 152 cm; bruno-avermelhado-escuro/ vermelho escuro (2,5 YR 3/5); franco-argilo-arenosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em fraca pequena e muito pequena granular;..., friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
- Bw2** 152 a 230 cm; bruno-avermelhado-escuro/ vermelho escuro (2,5 YR 3/5); franco-argilo-arenosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em fraca pequena e muito pequena granular;., muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa;
- RAÍZES:** Ap e AB – Muitas fasciculadas finas e médias; BA1 - muitas/comuns finas e médias; BA2- comuns finas; Bw1 - comuns / poucas finas e Bw2- raras.
- POROS:** Ap – muitos pequenos muito pequenos e médios; AB, BA1 e BA2 – muitos pequenos e muito pequenos comuns médios; Bw1 e Bw2- muitos muito pequenos e pequenos comuns médios e grandes.

### B3 – ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS

Horizontes		Frações da Amostra			Composição Granulométrica da Terra Fina				Argila	Grau de Floc.	Rel. Silte/Argila
		Total							Disp.		
Simb	Prof.	Calh	Casc	T.Fina	Areia	Silte	Argila	em água			
	cm				g kg <sup>-1</sup>					%	
Ap	0 – 35	0	0	1000	699	99	202	141	30	0,49	
AB	35– 60	0	0	1000	683	95	222	141	36	0,43	
BA1	60 – 79	0	0	1000	641	116	243	202	17	0,48	
BA2	79 – 105	0	0	1000	565	172	263	223	15	0,65	
Bw1	105 – 152	0	0	1000	614	123	263	40	85	0,47	
Bw2	152 – 230	0	0	1000	622	115	263	0	100	0,44	
pH (1:2,5)		Complexo Sortivo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )							V	m	
Água	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	(%)	(%)
4,5	4,0	0,4	0,7	0,13	0,02	1,2	1,4	5,3	6,5	18	54
4,4	4,0	0,7	0,9	0,06	0,03	0,8	1,7	5,4	6,2	13	68
4,5	3,9	0,6	0,6	0,09	0,02	0,7	1,9	5,5	6,2	11	73
4,6	3,9	0,7	0,7	0,06	0,01	0,8	1,9	5,4	6,2	13	70
4,7	3,9	0,6	0,6	0,04	0,02	0,7	1,9	4,7	5,4	13	73
4,8	3,9	0,4	0,4	0,03	0,02	0,4	1,6	3,8	4,2	9	80
C-Org	Ataque Sulfúrico							SiO <sub>2</sub> /	Si <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
	SiO <sub>2</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			
		g kg <sup>-1</sup>							(Ki)	(Kr)	
7,5		62		58		24		1,82	1,44	3,79	
5,7		60		67		29		1,52	1,20	3,63	
5,4		71		80		30		1,51	1,22	4,19	
3,9		79		82		33		1,64	1,30	3,90	
3,0		82		86		34		1,62	1,29	3,97	
2,0		74		84		34		1,50	1,19	3,88	



**ANEXO C PERFIL (15) (C1 - DESCRIÇÃO GERAL, C2 - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E C3 - ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS)**

**C1 - DESCRIÇÃO GERAL**

**Data** – 13.10.1999

**CLASSIFICAÇÃO SiBCS** - LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico.

**LOCALIZAÇÃO** - Cerca de 5 km de Vacaria na estrada para Bom Jesus, 550m além da entrada para a Unidade do Centro de Uva e Vinho da Embrapa, barranco do lado direito.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL** – Terço superior da encosta com 5% de declive

**ALTITUDE** - 1000 m

**LITOLOGIA** - Basalto

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA** - Grupo São Bento

**CRONOLOGIA** - Jurássico-Cretáceo -120 - 140 Ma

**MATERIAL ORIGINÁRIO** - Produto de alteração da rocha acima mencionada.

**PEDREGOSIDADE** - Não pedregosa.

**ROCHOSIDADE** - Não rochosa.

**RELEVO LOCAL** - Suave ondulado.

**RELEVO REGIONAL** - Suave ondulado e ondulado.

**EROSÃO** - Não aparente.

**DRENAGEM** – Bem acentuadamente drenado

**VEGETAÇÃO PRIMÁRIA** – Campo subtropical

**USO ATUAL** - Pastagem

**CLIMA** - Cfb, da classificação de Köppen.

**DESCRITO E COLETADO POR** - Márcio Rossi, Jaime Antônio de Almeida, Maurício Rizzato Coelho, Gustavo Ribas Curcio e Américo Pereira de Carvalho



## C2 - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

- A1** 0 a 26 cm; bruno-escuro (8,5 YR 3/3); bruno a bruno-escuro (8,5 YR 4/2, seco); muito argilosa; moderada grande a pequena blocos subangulares que se desfaz em moderada a forte pequena e muito pequena granular; ligeiramente dura, friável a firme, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
- A2** 26 a 44 cm; bruno-escuro (8,5 YR 3/3,5); bruno a bruno-escuro (8,5 YR 4/2, seco); muito argilosa; moderada pequena e média blocos subangulares que se desfaz em moderada a forte pequena e muito pequena granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
- AB** 44 a 65 cm; bruno a bruno-escuro (8,5 YR 4/3, úmido e seco); muito argilosa; moderada grande blocos subangulares que se desfaz em moderada a forte pequena e muito pequena granular; dura, friável, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
- BA** 65 a 80 cm; bruno a bruno-escuro (7,5 YR 4/4, úmido e seco); muito argilosa; fraca a moderada grandes blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável a firme, plástica e pegajosa; transição clara e plana.
- Bw1** 80 a 100 cm; bruno-forte (7,5 YR 4/6); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável, ligeiramente plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw2** 100 a 130 cm; bruno-avermelhado (6,0 YR 4/4); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa a pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw3** 130 a 177 cm; vermelho-amarelado (5YR 4/6); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada muito pequena e pequena granular; muito dura, friável a firme, ligeiramente plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
- Bw4** 177 a 220 cm<sup>+</sup>; bruno-forte (7,5YR 4/6); muito argilosa; fraca grande blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena e muito pequena granular; muito dura, friável a firme, ligeiramente plástica e pegajosa;

**RAÍZES:** A1 - Muito fasciculadas finas e médias; A2 – muitas a comuns fasciculadas finas; AB - comuns finas; BA, Bw1 e Bw2 - poucas finas; Bw3 e Bw4 – raras finas.

**POROS:** A1 e A2 – Muitos muito pequenos e pequenos comuns médios; AB - muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios, poucos grandes; BA - muitos muito pequenos e pequenos, poucos médios e grandes; Bw1 - muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios; Bw2 – muitos muito pequenos e pequenos, comuns médios , poucos grandes; Bw3 e Bw4 – comuns pequenos e muito pequenos, poucos médios.

### A3 – ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS

Horizontes		Frações da Amostra			Composição Granulométrica da Terra Fina				Argila	Grau de Floc.	Rel. Silte/Argila
		Total							Disp. em água		
Simb	Prof.	Calh	Casc	T.Fina	Areia	Silte	Argila				
	cm				g kg <sup>-1</sup>				%		
A1	0–26	0	0	1000	60	274	666	229	66	0,41	
A2	26–44	0	0	1000	52	241	707	478	32	0,34	
AB	44–65	0	0	1000	40	169	791	583	26	0,21	
BA	65–80	0	0	1000	29	159	812	520	36	0,20	
Bw1	80–100	0	0	1000	35	155	810	0	100	0,19	
Bw2	100–130	0	0	1000	40	148	812	0	100	0,18	
Bw3	130–177	0	0	1000	46	142	812	0	100	0,17	
Bw4	177–220+	0	0	1000	42	147	811	0	100	0,18	
pH (1:2,5)				Complexo Sortivo (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )						V	m
Água	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	(%)	(%)
4,5	4,0	2,9	2,2	0,15	0,10	5,3	2,0	9,6	16,9	31	27
4,4	3,9	0,9	1,1	0,07	0,04	2,1	3,6	11,5	17,2	12	63
4,5	3,9	0,5	0,6	0,04	0,02	1,2	4,3	8,7	14,2	8	78
4,7	3,9	0,	8	0,04	0,04	0,9	3,8	7,6	12,3	7	81
4,8	4,0	0,	7	0,04	0,02	0,8	3,2	6,2	10,2	8	80
5,1	4,1	0,	6	0,03	0,02	0,6	1,9	4,7	7,2	8	76
5,3	4,2	0,	4	0,03	0,02	0,4	1,1	4,7	6,2	6	73
5,3	4,3	0,	3	0,02	0,01	0,3	0,9	4,6	5,8	5	75
C-Org	Ataque Sulfúrico								SiO <sub>2</sub> /12	Si <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			Al <sub>2</sub> O <sub>38</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
		g kg <sup>-1</sup>							(Ki)7	(Kr)	
	24,0	155			198			176	1,33	0,85	1,77
	24,2	160			198			176	1,37	0,87	1,77
	18,9	187			209			178	1,52	0,98	1,84
	14,4	191			211			181	1,54	0,99	1,83
	10,7	198			220			189	1,53	0,99	1,83
	7,1	202			213			189	1,61	1,03	1,77
	4,3	195			213			194	1,56	0,98	1,72
	3,4	192			211			192	1,55	0,98	1,73