

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
COLÉGIO POLITÉCNICO DA UFSM  
MESTRADO PROFISSIONAL EM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO TIFTON 85 EM FUNÇÃO DOS  
ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Diogo Rafael Bier**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2013**

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO TIFTON 85 EM FUNÇÃO DOS  
ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO**

**DIOGO RAFAEL BIER**

Dissertação apresentado ao Curso de Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura de Precisão.**

**Orientador: Prof. Dr. Claudir José Basso**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bier, Diogo Rafael  
VARIABILIDADE ESPACIAL DO TIFTON 85 EM FUNÇÃO DOS  
ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO / Diogo Rafael  
Bier.-2013.  
42 p.; 30cm

Orientador: Claudir José Basso  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em  
Agricultura de Precisão, RS, 2013

1. Cynodon spp. 2. Agricultura de precisão 3.  
Nutrição de plantas 4. Degradação do solo I. Basso,  
Claudir José II. Título.

---

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Diogo Rafael Bier. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Avenida Nove de Maio 1075. CEP 98535-000 – Vista Gaúcha, RS, Brasil.

Fone (55) 9641-1383; Endereço eletrônico: [rafaelbier@bol.com.br](mailto:rafaelbier@bol.com.br)

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Colégio Politécnico da UFSM  
Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova o Dissertação de Mestrado

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO TIFTON 85 EM FUNÇÃO DOS  
ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO**

Elaborado por  
**Diogo Rafael Bier**

Como requisito parcial para obtenção do título de  
**Mestre em Agricultura de Precisão.**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Claudir José Basso**  
**(Presidente/Orientador)**

---

**Antônio Luis Santi, Dr. (UFSM)**

---

**Eduardo Giroto, Dr. (IFRS)**

Santa Maria, 05 de agosto de 2013.

## **AGRADECIMENTOS**

A ti Karen Kelli Crespan, minha esposa e eterna paixão, pelas palavras de incentivo, pelas reflexões que fizemos e pelos obstáculos que vislumbramos e superamos juntos. Faltarão palavras para expressar minha gratidão para contigo.

A meus pais: João Valdes Bier e Ivanir Moraes Bier, exemplos de vida, simplicidade e determinação. Obrigado por terem me educado numa estrutura familiar e no convívio carinhoso com meus irmãos: Viviane Fabricia Bier, Mateus Henrique Bier, meu sobrinho Bruno Vogt, meus avós e ao meu grande amigo Glademir Silva. Faltarão palavras para agradecer as palavras de incentivo nesta caminhada.

Ao sogro Alzemir Luiz Crespan e minha sogra Rosmeri de Fatima Bevilaqua Crespan, cunhada Andressa Tielli Crespan e cunhado Anderson Luiz Crespan que sempre me deram forças durante esta jornada.

Ao Prof. Dr. Claudir Basso, pelo desafio da orientação, pelo carisma, paciência e compreensão para com minha pessoa.

A UFSM pelo convívio em seus lares durante dois anos de minha vida, pela oportunidade do mestrado profissionalizante em Agricultura de Precisão junto ao PPGAP. Esse título é uma prova da importância, e meu desejo, de que sempre seja pública, gratuita e de qualidade.

A todos os professores do PPGAP pela prestatividade, colaboração e aos ensinamentos que contribuirão para minha formação profissional.

A todos os colegas do curso profissionalizante em Agricultura de Precisão, pelo convívio, pela amizade e solidariedade durante esses dois anos de curso. Em especial ao colega Diego Tobias Nardino pela colaboração no desenvolvimento do projeto de pesquisa e coleta de dados no campo.

A prestatividade e colaboração, na obtenção dos dados, proporcionada pelo produtor Antônio Carlos Piccinini na cedência da área para o desenvolvimento do trabalho que contribuirá para a minha formação.

Aos amigos Marlon Bison e Osmar Henrique de Castro Pias pela colaboração no desenvolvimento da dissertação, na geração dos mapas, tabelas e interpretação dos resultados da pesquisa.

A todos não citados, mas que de alguma maneira colaboraram nessa jornada, meus agradecimentos.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Colégio Politécnico da UFSM Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão  
Universidade Federal de Santa Maria

### VARIABILIDADE ESPACIAL DO TIFTON 85 EM FUNÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO

AUTOR: DIOGO RAFAEL BIER  
ORIENTADOR: CLAUDIR JOSÉ BASSO  
Santa Maria, 05 de agosto de 2013.

O objetivo deste estudo foi utilizar ferramentas de Agricultura de Precisão para avaliar a variabilidade espacial da produção de massa verde (MV), massa seca (MS) e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) do tifton 85 em função dos atributos químicos e físicos do solo em uma pequena propriedade. O estudo foi realizado durante os meses de outubro a dezembro de 2012, no município de Vista Gaúcha - RS, Brasil. O estudo foi realizado em uma área de 4,3 ha, dividida em uma grade amostral de 0,25 ha, resultando em 16 pontos amostrais, nos quais se realizou duas avaliações para a determinação da variabilidade espacial da produção de MV, MS e acúmulo de NPK pelo tifton 85. Para a apresentação deste trabalho o estudo foi dividido em dois capítulos, sendo que no primeiro, são apresentados os resultados do levantamento dos atributos químicos do solo nas camadas de: 0,00 – 0,10 m, 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m, e seus efeitos sobre a produção de MV, MS e acúmulo de NPK pelo tifton 85. No segundo capítulo se estudou a variabilidade espacial dos atributos físicos do solo nas camadas de 0,00 – 0,35 m e as suas correlações com a produção de MV e MS do tifton 85. Os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas descritivas e de correlação pela matriz linear de Pearson. A partir dos resultados concluiu-se, que a produção de MV e MS e acúmulo de NPK pelo tifton 85 apresentam uma variabilidade espacial considerada de moderada à alta. A saturação por bases foi o único atributo químico do solo que apresentou correlação com a produção de MS e MV do tifton 85. Os valores de acúmulo de N e de P na MS do tifton 85, apresenta correlação com os atributos químicos do solo saturação por bases, pH em água e H+Al. Os atributos físicos do solo que apresentaram correlações significativas com a produção de MV e MS do tifton 85 foram o ICPL, densidade e microporosidade, sendo esses mais relevantes à medida que diminui a pluviosidade.

**Palavras-chave:** *Cynodon* spp.. Agricultura de precisão. Nutrição de plantas. Degradação do solo.

## ABSTRACT

Dissertação de Mestrado  
Colégio Politécnico da UFSM Mestrado Profissional em Agricultura de Precisão  
Universidade Federal de Santa Maria

### **SPATIAL VARIABILITY OF BIOMASS PRODUCTION OF TIFTON 85 DEPENDING ON CHEMICAL AND ATTRIBUTES PHYSICAL SOIL SMALL PROPERTY**

AUTHOR: DIOGO RAFAEL BIER  
ADVISOR: CLAUDIR JOSÉ BASSO  
Santa Maria, 05 de agosto de 2013.

The aim of this study was to use Precision Farming tools to assess the spatial variability of production of green mass (MV), dry mass (MS) and accumulation of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) of tifton 85 depending on the chemical and physical attributes of the soil in a small property. The study was conducted during the months of October to December 2012, in the municipality of Rio Grande do Sul-RS, Brazil View. The study was conducted in an area of 4.3 ha, divided into a grid of sampling 0.25 ha, resulting in 16 sampling points, where they performed two reviews for the determination of the spatial variability of the production of MV, MS and accumulation of NPK at tifton 85. For the presentation of this work the study was divided into two chapters, with the first, are presented the results of the survey of soil chemical attributes of layers: 0.00-0.10 0.10 – 0.20 m and 0.40 m 0.20-m, and its effect on the production of MV, MS and accumulation of NPK at tifton 85. In the second chapter studied the spatial variability of physical attributes of soil in layers of 0.00-0.35 m and its correlation with the production of MV and MS of tifton 85. The data obtained were submitted to descriptive statistics and correlation analysis by linear array of Pearson. From the results, it was concluded that the production of MV and MS and accumulation of NPK at tifton 85 feature a spatial variability considered of moderate to high. The base saturation was the only chemical soil attribute which showed correlation with the production of MS and MV of tifton 85. The values of N and P in tifton 85 MS, correlation with the chemical attributes of the soil base saturation, pH in water and H + Al. The physical attributes of the soil showed significant correlations with the production of MV and MS of tifton 85 were the ICPL, density and microporosity, being these more relevant as rainfall decreases.

**Keywords:** Cynodon spp.. Precision agriculture. Plant nutrition. Soil degradation.

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

- Tabela 1** - Análise estatística descritiva dos atributos químicos do solo em diferentes profundidades. Vista Gaúcha - RS, 2012..... 17
- Tabela 2** - Análise estatística descritiva da produção de massa verde, massa seca e do acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar, do tifton 85. Vista Gaúcha - RS, 2012..... 19
- Tabela 3** - Coeficiente de correlação linear simples de Pearson (r) entre os atributos químicos do solo em diferentes profundidades com a produção de massa verde, massa seca e o acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio do tecido foliar, do tifton 85. Vista Gaúcha - RS, 2012.....21

### ARTIGO 2

- Tabela 1** - Análise estatística descritiva da distribuição espacial dos atributos físicos em diferentes camadas do seu perfil do solo. Vista Gaúcha - RS, 2012. ....32
- Tabela 2** - Análise estatística descritiva da distribuição espacial da produção de massa verde e massa seca do tifton 85. Vista Gaúcha - RS, 2012 .....33
- Tabela 3** - Coeficiente de correlação linear simples de Pearson (r) entre os atributos físicos do solo em diferentes profundidades com o acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio do tecido foliar, massa seca e massa verde do tifton 85. Vista Gaúcha - RS, 2012 ..... 34



## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

- Figura 1** – Detalhe da localização da área de estudo, Vista Gaúcha - RS, 2012..... 15
- Figura 2** – Dados meteorológicos durante o período de experimento. a) Precipitação, b) Temperatura média, c) Horas de insolação. Vista Gaúcha – RS, 2012 .....20
- Figura 3** – Mapas temáticos do acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio ((kg ha<sup>-1</sup>) pelo tifton 85 nas duas épocas de coleta e sua correlação com os principais atributos químicos do solo. Vista Gaúcha - RS, 2012 .....22

### ARTIGO 2

- Figura 1** – Demonstração do círculo de proteção utilizado em cada ponto amostral para restringir a entrada de animais nos locais de avaliação da grama tifton 85. Vista Gaúcha – RS, 2012 .....30
- Figura 2** – Mapas temáticos da produção de massa verde e massa seca nas duas avaliações e os principais atributos físicos do solo correlacionados. Vista Gaúcha, RS, 2012.....36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 ARTIGO I.....</b>	<b>12</b>
<b>VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E MASSA SECA E DO ACÚMULO DE NITROGENIO, FÓSFORO E POTÁSSIO DO TIFTON 85 EM FUNÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Resumo.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Abstract.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Introdução.....</b>	<b>13</b>
<b>2.4 Material e Métodos.....</b>	<b>14</b>
<b>2.5 Resultados e discussão.....</b>	<b>16</b>
<b>2.6 Conclusões.....</b>	<b>23</b>
<b>2.7 Referências Bibliográficas.....</b>	<b>23</b>
<b>3 ARTIGO 2.....</b>	<b>27</b>
<b>VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E MASSA SECA DO TIFTON 85 EM FUNÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Resumo.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Abstract.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3 Introdução.....</b>	<b>28</b>
<b>3.4 Material e Métodos.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5 Resultados e discussão.....</b>	<b>32</b>
<b>3.6 Conclusões.....</b>	<b>36</b>
<b>3.7 Referências Bibliográficas.....</b>	<b>36</b>
<b>4 DISCUSSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul tem evoluído na cadeia produtiva do leite. O sistema mais adotado pelos produtores é o de criação semiextensiva, ou seja, com a alimentação dos animais baseada no uso de forrageiras (MAGALHÃES et al., 2009). Os principais fatores que impulsionaram o crescimento dessa atividade, em especial na Região Noroeste do Estado, são as constantes perdas registradas nas safras de grãos, em decorrência das estiagens, e a instalação de novas indústrias do setor lácteo na região, nos últimos anos.

A maioria das unidades produtivas dessa região caracteriza-se como pequenas propriedades e que buscam na produção leiteira um maior aporte mensal de recurso e conseqüentemente maior estabilidade financeira. No entanto, a degradação dos solos de pastagens tem reduzido as produções de forragem (SANTOS et al., 2009), aumentado a compactação do solo e a sua suscetibilidade à erosão (KRÜMMELBEIN et al., 2008), comprometendo o sistema de produção. As principais causas da degradação do solo é o mau dimensionamento dos piquetes, falta de reposição dos nutrientes exportados pelas forragens, utilização de espécies forrageiras inadequadas e a não utilização de práticas conservacionistas do solo (RODRIGUES et al., 2011).

Estudos têm demonstrado que para uma correta estimativa das qualidades de um solo, é necessária a análise de um grande número de atributos, sendo que avaliações isoladas não são eficientes. Nesse sentido Vezzani & Mielniczuk, (2009) descrevem que o solo é um sistema complexo e que a sua funcionalidade é resultado das interações dos componentes químicos, físicos, biológicos e edafoclimáticas. Sendo assim, Santi et al. (2012) citam que para se obter sucesso na utilização de manejos e intervenções localizadas é fundamental a compreensão das interações multidisciplinares, ou seja, quanto mais atributos se conseguir mensurar e interpretar, melhores serão as chances de sucesso nas tomadas de decisões.

A compactação do solo promovida pelo pisoteio animal e pelo tráfego de máquinas sem respeitar os teores de umidade dos solos, é um dos grandes entraves para a obtenção de elevadas produtividades das pastagens (LIMA et al., 2004), levando a queda da sua capacidade de suporte, por reduzir gradativamente o vigor da forrageira e aumentar os processos erosivos do solo (OLIVEIRA et al., 2004), fazendo-se necessário adequar o manejo aos índices fitotécnicos, zootécnicos e edáficos dos sistemas de produção, a fim de se evitar a sua degradação (Oliveira et al., 2007). Severiano et al. (2003), observou redução da produção

de matéria seca de *Brachiaria decumbens* com o aumento da resistência do solo a penetração e densidade do solo. Ao avaliarem áreas de pastagens utilizadas há 20 anos, Silva Filho et al. (2010), observaram na camada de 0- 0,10 cm de um Latossolo, resistência a penetração 2,6 vezes maior do que é tolerado para o bom desenvolvimento das raízes de forrageiras, demonstrando assim a necessidade da adequação do manejo nessas áreas para produção de forragem.

A fertilidade do solo tem sido amplamente apontada pela redução da produtividade das forrageiras, se fazendo necessário quantificar a variação das suas propriedades químicas, uma vez que, por serem sistemas dinâmicos e abertos, estão em constantes modificações, constituindo assim corpos heterogêneos (SILVA e CHAVES, 2001; DICK, et al., 2009). Recentemente, têm sido aplicados os conceitos da agricultura de precisão no manejo das forragens, a partir da associação de equipamentos capazes de medir a variabilidade e aplicação de insumos a taxas variáveis, visando melhorar a eficiência dos sistemas produtivos.

A hipótese que fundamenta este trabalho é de que é possível realizar o levantamento dos atributos químicos e físicos do solo em pequena propriedade, e que estes atributos estão correlacionados com a variabilidade espacial da produção do tifton 85. Sendo assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito das características químicas e físicas do solo sobre a variabilidade espacial da produção de massa verde (MV), massa seca (MS) e no acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea do tifton 85.

## 2 ARTIGO I

### VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E MASSA SECA E DO ACÚMULO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO DO TIFTON 85 EM FUNÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.

#### 2.1 Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade espacial da produção de massa verde (MV), massa seca (MS) e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea do tifton 85, e a correlação existente com os atributos químicos do solo. O estudo foi realizado em uma área de 4,3 ha constituída de tifton 85 no município de Vista Gaúcha – RS, Brasil, durante os meses de outubro a dezembro de 2012. Após a realização do georreferenciamento, a área foi dividida em um grid de 0,25 ha, totalizando 16 pontos amostrais. Foram realizadas a simulação de dois pastejo na área para avaliação da produção de MV e MS do tifton 85. A amostragem do solo foi realizada nas profundidades de 0,00 – 0,10 m, 0,10 – 0,20 m e 0,20 – 0,40m. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e à matriz de correlação linear de Pearson. Concluiu-se que a produção de MV, MS e acúmulo de NPK pelo tifton 85 apresentam uma variabilidade espacial considerada de moderada à alta. A saturação por bases foi o único atributo químico do solo que apresentou correlação com a produção de MS e MV do tifton 85. Os valores de acúmulo de N e de P na MS do tifton 85, apresenta correlação com os atributos químicos do solo saturação por bases, pH em água e H+Al.

**Palavras-chave:** *Cynodon* spp., agricultura de precisão, nutrição de plantas, produção de forragem.

#### 2.2 Abstract

The objective of this study was to evaluate the spatial variability of production of green mass (MV), dry mass (MS) and accumulation of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in the shoot of tifton 85, and the existing correlation with chemical soil attributes. The study was conducted in an area of 4.3 ha consists of tifton 85 in the municipality of Vista Gaúcha-RS,

Brazil, during the months of October to December 2012. After the completion of the outline, the area was georeferenced and divided into a grid of 0.25 ha, totaling 16 sampling points. Were carried out the simulation of two grazing in the area to assess the production of MV and MS of tifton 85. The soil sampling was carried out in the depths of 0.00-0.10 0.10 – 0.20 m 0.20 m-0 m. The data were submitted to descriptive and statistical analysis to Pearson linear correlation matrix. It was concluded that the production of MV, MS and accumulation of NPK at tifton 85 feature a spatial variability considered of moderate to high. The base saturation was the only chemical soil attribute which showed correlation with the production of MS and MV of tifton 85. The values of N and P in tifton 85 MS, correlation with the chemical attributes of the soil base saturation, pH in water and H + Al.

**Keywords:** *Cynodon* spp., precision agriculture, plant nutrition, forage production.

### 2.3 Introdução

A criação de bovinos soltos na pastagem, conduzidos num sistema semiextensivo, tem sido a principal estratégia de manejo adotado no Brasil em função da maior rentabilidade quando comparado aos demais sistemas de criação (SANTOS et al., 2010), contudo problemas como a degradação das pastagens tem ameaçado a sustentabilidade deste sistema produtivo (ROGRIGUES et al., 2011), ao reduzir o rendimento das forragens (COSTA et al., 2003; LIMA et al., 2004; SANTOS et al., 2009) e aumentar os problemas com a erosão dos solos (OLIVEIRA et al., 2004; KRÜMMELBEIN et al., 2008). As principais causas dessa degradação dos solos segundo Rodrigues et al. (2011) são a falta de práticas conservacionistas do solo, o uso de espécies forrageiras inadequadas, superpastejo contínuo das áreas, baixa fertilidade natural dos solos e a ausência de reposição dos nutrientes extraídos pelas forragens.

Uma prática que tem sido realizada com sucesso pelos produtores, é a introdução de espécies de forragens melhoradas, que possuem em sua genética um maior potencial produtivo, como é o caso da grama tifton 85 (*Cynodon* spp.), que apresenta elevada produção de massa seca, adequada relação folha-colmo, alta digestibilidade, rizomas bem desenvolvido e rápido rebrote (SOARES-FILHO et al., 2002; FARINATTI et al., 2009). Entretanto em estudos conduzidos por Werner et al. (1996) e Marcelino et al. (2003) concluíram que o tifton 85 é uma das forrageiras que apresentam as maiores exigências em nutrientes do solo, para que ocorra o seu desenvolvimento de forma satisfatória. Vários estudos têm sido realizados no

que diz respeito ao manejo da adubação nitrogenada em tifton, destacando-o como o principal nutriente responsável pela produção de fitomassa (MARCELINO et al., 2003; COSTA et al., 2003; GALZERANO et al., 2008). Contudo Ribeiro & Pereira (2011) descrevem que o potencial produtivo das forragens e a própria eficiência da adubação nitrogenada está condicionada a vários fatores, sendo o equilíbrio nutricional do solo essencial.

Wendt et al. (2006) citam que um dos fatores que deve ser levado em consideração na exploração agropecuária é o empobrecimento nutricional dos solos, decorrentes da lixiviação dos nutrientes e pela exportação destes pelas culturas, sendo que em áreas de pastagem deve-se ter um manejo eficiente dos fertilizantes, devido a elevada quantidade de nutrientes extraídos do solo pelas forragens. Nessa mesma linha, Dick et al. (2009) citam que devido a grande influência da fertilidade do solo na produção das forragens é necessário quantificar periodicamente a variação das suas propriedades químicas, uma vez que, por o solo ser um sistema dinâmico, está em constantes modificações, constituindo assim, uma heterogeneidade natural.

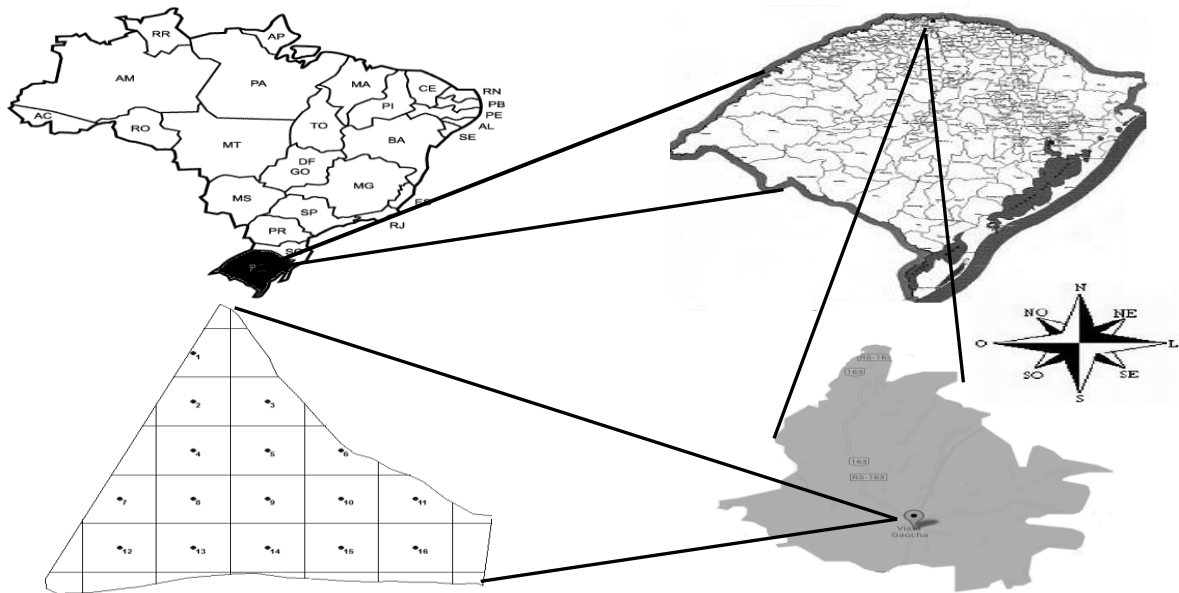
Neste sentido, tem se difundido a aplicação dos conceitos da AP na produção agropecuária, em que busca caracterizar a heterogeneidade das áreas, e por meio de intervenções localizadas e ou da aplicação de insumos a taxa variada elevar os patamares de produtividade, buscando a homogeneização das lavouras e a redução dos impactos ambientais (CARVALHO et al., 2009). Sendo assim, é imprescindível o estudo da variabilidade espacial das características químicas do solo em áreas de pastagem, assim como a detecção de quais são os atributos que estão limitando o desenvolvimento das culturas (SARMENTO et al., 2006).

A hipótese que fundamenta este trabalho é de que o tifton 85 apresenta elevada variabilidade espacial na produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) e que os atributos químicos do solo estão relacionados com essa desuniformidade. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade espacial da produção de MV, MS e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea do tifton 85, e a correlação existente com os atributos químicos do solo.

## **2.4 Material e métodos**

O estudo foi realizado entre os meses de outubro a dezembro de 2012, no município de Vista Gaúcha - RS, Brasil, que se encontra nas coordenadas geográficas Latitude 27° 18' 08'' S e longitude 53° 42' 16'' O (Figura 1), com uma altitude média do local é de 420 metros.

O tipo de solo predominante é o latossolo vermelho distrófico típico. O clima da região é classificado segundo Köppen como subtropical úmido, do tipo Cfa. A temperatura média anual é de 19°C e a precipitação pluviométrica média anual é de 2100 mm.



**Figura 1** – Detalhe da localização da área de estudo, Vista Gaúcha - RS, 2012.

O estudo foi conduzido em uma área de 4,27 ha constituída de grama tifton 85 estabelecida há 13 anos. Após o levantamento georreferenciamento da área, a mesma foi dividida em uma malha amostral quadricular regular de 0,25 ha (50 m x 50 m), totalizando 16 pontos amostrais. Na sequência dia 31/09/2012, toda a área foi roçada e visando restringir a entrada dos animais nos locais de avaliação, foram instalados em cada ponto amostral círculos de proteção confeccionados com tela de arame e ferro, ocupando uma área útil de 1,76 m<sup>2</sup>. Em cada ponto de amostragem no dia 14/11/2012 e 29/12/12 realizaram-se a primeira e segunda avaliação, respectivamente. Procedendo-se o corte da parte aérea do tifton 85 simulando um pastejo para obtenção da MV e MS da forragem. A simulação do pastejo consistiu em realizar o corte do tifton 85 a 0,05 m de altura do solo em uma área de 0,25 m<sup>2</sup>, procedendo-se duas repetições por ponto amostral.

Logo após o corte do tifton 85, as amostras foram levadas ao laboratório a onde foram pesadas em uma balança digital para a determinação da produção de MV. Posteriormente as amostras foram levadas em uma estufa de circulação de ar forçado a uma temperatura de 65 °C, até a obtenção de peso constante das amostras para determinação da produção de MS da forragem. As amostras de MS foram moídas em um triturador (fração mais grosseira) e posteriormente parte da amostra moída em um moinho tipo Willey (<40 mesh). Na sequência



as amostras foram encaminhadas para o laboratório de análise de tecidos vegetais da Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen, para a determinação das concentrações de NPK no tecido do tifton 85, seguindo-se a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Com os valores das concentrações de N, P e K (%) e a produção de MS ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) do tifton 85, foi calculado o acúmulo desses elementos na parte aérea da forragem.

Quanto às amostragens de solo, essas foram realizadas em três profundidades, 0,00 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m efetuando-se a coleta de 8 subamostras de forma aleatória em um raio de 3 metros ao redor cada ponto amostral. Todas as amostras foram coletadas de forma manual, utilizando trado calador e encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal de Santa Maria *campus* de Frederico Westphalen, para caracterização química seguindo metodologias descritas por Tedesco et al. (1995).

Para discussão dos resultados, realizou-se inicialmente análise exploratória dos conjuntos de dados, obtendo-se as medidas de posição (mínimo, média e máximo) e de dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação (CV%), de simetria e de curtose). Os valores de coeficiente de variação (CV) foram classificados como de variabilidade baixa ( $\text{CV} < 15\%$ ), média ( $15 < \text{CV} < 35\%$ ) e alta ( $\text{CV} > 35\%$ ) segundo classificação proposta por Coelho et al. (2003). A hipótese de normalidade foi testada pelo teste W a 5% de significância (SHAPIRO & WILK, 1965). Para avaliação da correlação existente entre os atributos químicos do solo e a produção de MV, MS e acúmulo de NPK pelo tifton 85 foram realizadas análises a partir da matriz de correlação linear simples de Pearson a 5 % de significância. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional Statistical Analysis System – SAS 8.0 (SAS Institute, 1999).

Os mapas temáticos foram confeccionados com auxílio do programa computacional CR-Campeiro 7 (GIOTTO & ROBAINA, 2007), em decorrência do enfoque do trabalho ser à pequena propriedade, foi avaliado um número reduzido de pontos amostrais ( $n < 50$  pontos), impossibilitando o uso da geoestatística para comprovar a existência de dependência espacial entre as amostras (WEBSTER & OLIVER, 2007), optando-se por utilizar o inverso do quadrado da distância na interpolação dos dados (JONES et al., 2003; COELHO et al., 2009).

## **2.5 Resultados e discussão**

A partir dos resultados da análise estatística descritiva (Tabela 1), se observa que de maneira geral, o solo apresenta uma alta fertilidade. Analisando-se separadamente os

nutrientes do solo e interpretando-os segundo a Comissão..., (2004), pode-se observar que os teores de P e K se encontram em níveis muito altos nas profundidades de 0,00 – 0,10 e 0,10 - 0,20 m, e na camada de 0,20 – 0,40 m apresenta nível alto, podendo-se inferir que os teores desses nutrientes na área em estudo estão adequados para o desenvolvimento do tifton 85. Pelos valores dos CV dos elementos P e do K, observa-se que eles apresentaram uma alta variabilidade espacial, segundo a classificação de Coelho et al. (2003), com exceção do K na camada de 0,00 - 0,10 m que apresentou um valor de CV moderado. Altos CVs para P em Latossolos são amplamente descritos na literatura (AMADO et al., 2009; CHERUBIN et al., 2011; SANTI et al., 2012) sendo que os autores atrelam esse resultado a alta complexidade das reações deste nutriente no solo.

**Tabela 1** - Análise estatística descritiva da distribuição espacial dos atributos químicos em diferentes camadas do seu perfil do solo. Vista Gaúcha - RS, 2012.

Variáveis	K <sup>+</sup>	P	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	pH água	pH SMP	CTC efetiva	CTC pH7	H+Al	Saturação de Bases	M <sub>2</sub> O
	----mg/dm <sup>3</sup> ----		-----Cmolc/L-----						----%----	-g/dm <sup>3</sup> -	
Profundidade de 0,00 - 0,10 m											
Mínimo	315,75	13,87	5,24	3,69	5,55	5,91	10,10	13,58	2,17	72,29	2,43
Média	410,22	50,90	6,36	4,58	6,06	6,30	11,99	14,75	2,77	81,15	3,60
Máximo	653,15	172,37	7,22	6,74	6,49	6,56	14,34	17,10	3,89	86,40	5,17
DP	88,30	42,61	0,56	0,74	0,23	0,15	1,10	0,99	0,38	3,05	0,75
CV (%)	21,53	83,70	8,77	16,23	3,73	2,32	9,18	6,69	13,88	3,76	20,86
Assimetria	1,36	1,95	-0,43	1,78	-0,25	-0,83	0,53	0,80	1,46	-1,45	0,59
Curtose	2,71	3,73	4,67	4,03	0,74	2,73	0,26	0,44	4,41	4,78	8,44
Teste W <sup>(1)</sup>	0,95	0,84*	0,86*	0,76*	0,97	0,92	0,97	0,93	0,87*	0,87*	0,96
Profundidade de 0,10 - 0,20 m											
Mínimo	157,97	9,14	4,77	3,03	5,44	6,04	9,05	11,74	1,86	71,13	2,10
Média	323,85	22,4	5,85	3,83	6,08	6,46	10,52	12,93	2,41	81,21	2,66
Máximo	750,23	73,42	6,83	5,04	6,47	6,73	12,76	15,34	3,46	86,13	3,29
DP	127,18	14,95	0,61	0,50	0,25	0,16	1,03	0,96	0,38	3,48	0,31
CV (%)	39,27	66,71	10,44	13,16	4,18	2,55	9,83	7,44	15,63	4,28	11,82
Assimetria	2,25	2,90	0,01	0,79	-0,97	-0,71	0,58	1,03	1,29	-1,48	0,37
Curtose	7,15	9,98	-0,94	0,70	1,42	1,53	-0,33	1,15	3,24	4,08	0,14
Teste W <sup>(1)</sup>	0,78*	0,67*	0,97	0,94	0,94	0,94	0,94	0,93	0,89	0,88*	0,96
Profundidade de 0,20 - 0,40 m											
Mínimo	52,94	3,52	4,17	2,49	5,30	6,23	7,50	9,84	1,67	71,21	1,45
Média	193,93	10,91	5,16	3,19	5,96	6,52	8,86	11,13	2,27	79,30	1,83
Máximo	449,33	25,54	6,38	3,84	6,71	6,85	11,01	13,03	2,92	85,80	2,49
DP	108,85	6,93	0,62	0,38	0,33	0,17	1,04	0,94	0,34	3,93	0,31
CV (%)	56,13	63,5	11,99	12,01	5,58	2,63	11,72	8,41	15,03	4,95	16,92
Assimetria	1,08	0,88	0,49	-0,08	0,27	0,41	0,66	0,67	-0,04	-0,18	0,82
Curtose	0,69	-0,32	-0,19	-0,55	1,12	-0,04	0,57	-0,51	-0,17	0,34	-0,01
Teste W <sup>(1)</sup>	0,91	0,89	0,97	0,98	0,96	0,97	0,93	0,92	0,98	0,94	0,92

W<sup>(1)</sup> = Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde: (\*) significativo em níveis de  $p \leq 0,05$ , Quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Os valores de pH em água e saturação de bases, apresentaram níveis considerados de moderados á altos, e conseqüentemente os valores de H+Al estão em níveis baixos (COMISSÃO...,2004). Com relação à saturação de bases para um bom desenvolvimento das

forragens, a literatura mostra que essa deve estar acima dos 50% (ALVAREZ et al.,1999). Prado & Barion (2009) estudando unicamente os valores de Saturação por bases no desenvolvimento do tifton 85, observaram as maiores produções quando o solo atingiu uma saturação por bases de 67%.

A área em estudo apresentou teores de M.O em alguns pontos (subáreas) níveis considerados baixos, mas na média o nível está classificado como mediano. Os teores de M.O segundo Rodrigues et al. (2011) são comumente utilizados como indicadores das qualidades do solo, isso se deve por a M.O influenciar uma série de processos do solo, dentre eles o aumento da CTC, da atividade biológica do solo, da estabilidade de agregados e resistência do solo a erosão. Os demais atributos químicos do solo de Ca, Mg e CTC  $pH_{7,0}$  todos se encontram em níveis muito altos (Comissão..., 2004).

Avaliando-se os valores de CVs desses nutrientes, pode-se observar que a maioria dos atributos apresentou uma baixa variabilidade ( $CV < 15\%$ ), com exceção da M.O que foi classificada como de moderada variabilidade. Os resultados apontados pelo teste de W indicam que nas camadas a partir da profundidade de 0,10 m todos os nutrientes tenderam a normalidade, já na camada mais superficial (0,00 -0,10 m) Ca, Mg, H+Al e saturação por bases apresentaram distribuições não normais, possivelmente associados à maior intervenção antrópica nas camadas superficiais.

Na tabela 2, são apresentados os resultados da análise estatística descritiva dos dados de produção de MV, MS e acúmulo de NPK na parte aérea do tifton 85, observa-se que houve uma variação de produção da forragem nas diferentes avaliações passando de uma média de MS de  $4083 \text{ kg ha}^{-1}$  na primeira para  $5194 \text{ kg ha}^{-1}$  na segunda avaliação. Esse incremento de 27% na produção de MS, na segunda avaliação que foi realizada no mês de dezembro pode estar associado às melhores condições de clima para o desenvolvimento do tifton 85, devido as maiores médias de temperatura e horas de insolação (Figura 2b e 2c) e a própria estação de crescimento do tifton 85. Observa-se que os maiores acúmulos de NPK no tecido, ocorreram concomitantemente com as maiores produções de MV e MS do tifton 85, corroborando com as afirmações de Favaretto et al. (2000) em que citam que o maior volume de nutrientes extraído do solo pelas forragens ocorre quando há as maiores produções de MS das culturas.

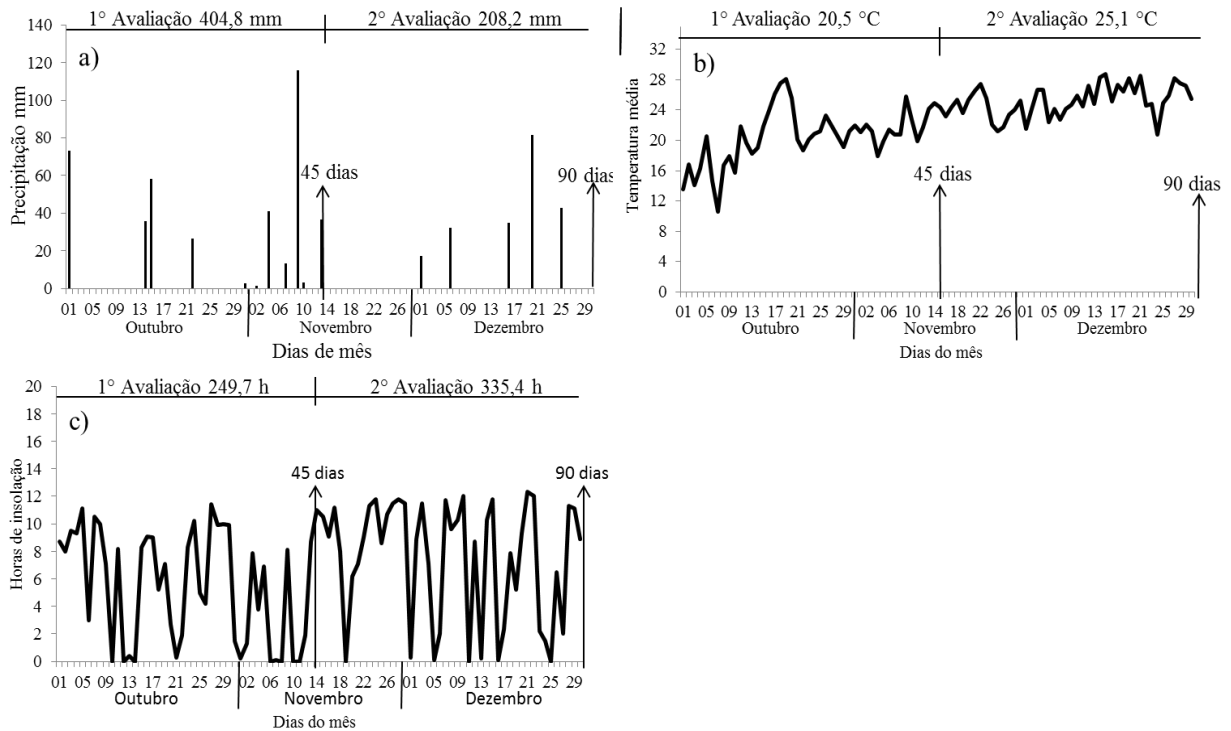
**Tabela 2.** Análise estatística descritiva da distribuição espacial da produção de massa verde, massa seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar do tifton 85. Vista Gaúcha - RS, 2012.

Variáveis	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Coeficiente			Teste W <sup>(1)</sup>
					CV	Assimetria	Curtose	
1° Coleta 14/11/2013								
Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	48	107	168	35,81	33,62	0,37	-0,83	0,95
Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )	15	20	31	4,59	23,05	1,05	0,65	0,89
Potássio (kg ha <sup>-1</sup> )	66	86	136	18,27	21,34	1,56	2,61	0,84*
Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )	2960	4083	5852	800,07	19,60	0,71	0,20	0,95
Massa verde (kg ha <sup>-1</sup> )	12420	16619	23640	3277,95	19,72	0,66	-0,11	0,93
2° Coleta – 29/12/2013								
Nitrogênio (kg ha <sup>-1</sup> )	56	115	193	42,30	36,65	0,74	-0,31	0,90
Fósforo (kg ha <sup>-1</sup> )	12	22	56	10,55	47,07	2,49	7,10	0,72*
Potássio (kg ha <sup>-1</sup> )	52	111	182	37,70	34,00	0,54	-0,36	0,95
Massa seca (kg ha <sup>-1</sup> )	3207	5194	8988	1575,90	30,34	1,19	1,21	0,89*
Massa verde (kg ha <sup>-1</sup> )	10840	18488	32500	6125,45	33,13	1,19	0,85	0,88*

W<sup>(1)</sup> = Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde: (\*) significativo em níveis de  $p \leq 0,05$ , Quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

A partir dos valores mínimos e máximos na tabela 2, se observa a discrepância da produção de MV, MS e das quantidades de NPK extraídos do solo em diferentes pontos da lavoura, dessa forma, comprova-se a importância de utilizar as ferramentas de agricultura de precisão para realizar o mapeamento da produção das forragens, pois tornando possível aperfeiçoar as técnicas de manejo e tomar decisões em cima de critérios técnicos como, correto dimensionamento de piquetes, realizar intervenções localizadas, adubações de reposição a taxa variada dos nutrientes extraídos pelas forragens, visando reduzir a variabilidade espacial dos nutrientes do solo, dos custos de produção, e dos impactos ambientais pelo uso abusivo de fertilizantes, assim como maximizar a o rendimento da forragem.

A partir dos valores de desvio padrão e CV da produção de MV, MS, e acúmulo de NPK extraídos do solo pelo tifton 85, pode-se observar que houve uma maior variabilidade de produção na segunda coleta, provavelmente devido ao déficit hídrico que a forragem enfrentou (Figura 2a). Os valores dos CVs foram classificados como moderados na primeira avaliação, já na segunda avaliação o acúmulo de N e P foram classificados como altos (COELHO, 2003). Pelo teste de W observa-se, que na primeira coleta apenas os dados de acúmulo de K não seguiram uma distribuição normal, já na segunda coleta apenas o N e o P apresentaram distribuição normal, esses resultados estão relacionados à maior variabilidade espacial da produção de MV e MS da forragem, corroborando com os resultados descritos por Grego et al. (2006) em que citam que a não existência de normalidade dos dados é ocasionada pela elevada amplitude de valores em pontos próximos.



**Figura 2** – Dados meteorológicos durante o período de experimento. a) Precipitação, b) Temperatura média, c) Horas de insolação. Vista Gaúcha – RS, 2012.

A partir da análise de correlação (Tabela 3) pode-se observar que os atributos químicos do solo, de maneira geral, não apresentaram significância na produção de MV e MS do tifton 85, com exceção da saturação por bases que apresentou correlação significativa negativa com a produção de MV e MS na camada de 0,00 - 0,10 m.

Em decorrência da distribuição pluviométrica irregular durante o período de estudo (Figura 2a), observa-se na tabela 3 que as correlações dos atributos químicos do solo com a produção de MV, MS e acúmulo de nutrientes ocorreram quase que na totalidade apenas na segunda avaliação, que foi o período de menor precipitação pluviométrica, podendo se inferir que os atributos químicos do solo mais restritivos ao desenvolvimento do tifton quando ocorrem essas adversidades.

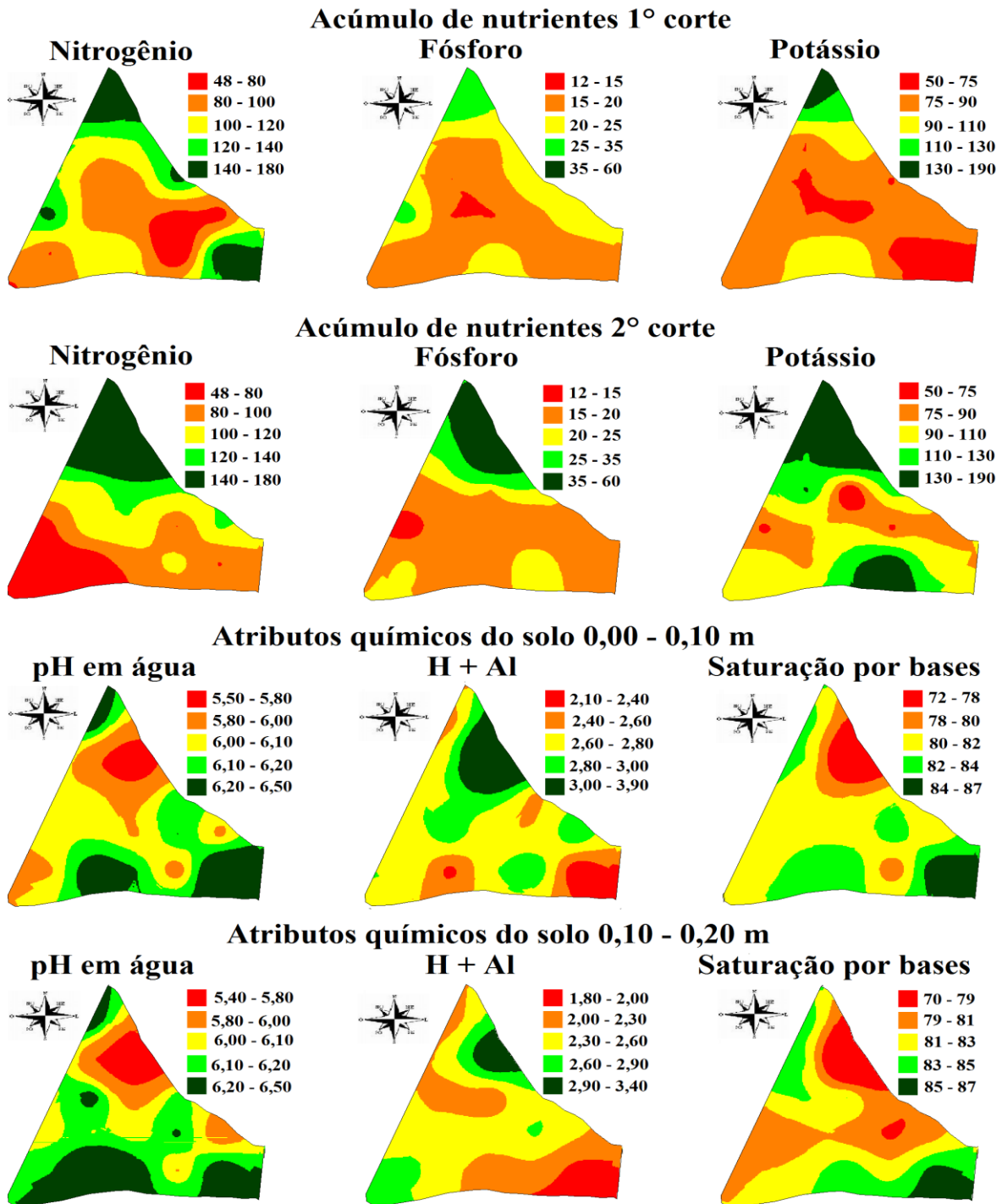
As extrações de N do solo pelo tifton 85 apresentou correlações positivas com os teores de pH em água na camada de 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m, e com os atributos pH obtido pelo índice SMP e a saturação por bases na profundidade de 0,20 – 0,40 m. Os teores de H+Al na camada de 0,20 – 0,40 m apresentou correlação negativa. Prado & Barion (2009) citam que a acidez é um dos principais problemas de fertilidade do solo, pois ele promove uma desordem nutricional prejudicando a absorção de outros nutrientes.

**Tabela 3.** Coeficiente de correlação linear simples de Pearson (r) entre os atributos químicos do solo em diferentes camadas do perfil com o acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio do tecido foliar, massa verde e massa seca do tifton 85. Vista Gaúcha - RS, 2012.

Av	Var.	K <sup>+</sup>	P	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	pH água	pH SMP	CTC efetiva	CTC pH7	H+Al	Sat. Base	M.O	
		---mg/dm <sup>3</sup> ---		-----Cmolc/L-----								--%---	g/dm <sup>3</sup>
Profundidade de 0,00 - 0,10 m													
1°	Nitrogênio	0,02	-0,22	0,36	-0,07	0,46	0,43	0,14	0,01	-0,37	0,31	-0,20	
	Fósforo	0,05	0,16	0,04	-0,08	0,24	0,15	-0,02	-0,08	-0,14	0,09	0,04	
	Potássio	-0,16	0,20	0,12	0,05	0,14	-0,04	0,06	0,09	0,06	-0,02	-0,03	
	Massa verde	0,03	0,00	-0,02	-0,15	0,28	0,22	-0,11	-0,20	-0,21	0,10	-0,17	
	Massa seca	0,08	0,01	0,01	-0,17	0,24	0,18	-0,10	-0,18	-0,17	0,08	-0,17	
2°	Nitrogênio	0,30	-0,19	-0,12	-0,43	0,48	-0,47	-0,29	-0,13	0,49	-0,47	-0,10	
	Fósforo	0,15	-0,29	-0,37	-0,46	<b>0,54*</b>	<b>-0,59*</b>	-0,47	-0,27	<b>0,65*</b>	<b>0,69*</b>	-0,32	
	Potássio	0,06	-0,20	-0,20	-0,26	-0,23	-0,30	-0,26	-0,16	0,33	-0,38	-0,37	
	Massa verde	0,15	-0,34	-0,27	-0,42	-0,44	-0,45	-0,39	-0,24	0,49	<b>-0,53*</b>	-0,42	
	Massa seca	0,14	-0,39	-0,25	-0,50	-0,43	-0,42	-0,43	-0,30	0,45	<b>-0,52*</b>	-0,42	
Profundidade de 0,10 - 0,20 m													
1°	Nitrogênio	0,08	0,06	0,20	0,26	0,24	0,18	0,27	0,24	-0,14	0,19	0,05	
	Fósforo	0,02	0,15	-0,15	0,06	0,08	0,15	-0,05	-0,12	-0,15	0,07	-0,18	
	Potássio	-0,07	0,26	0,04	0,20	0,12	0,09	0,11	0,09	-0,07	0,06	-0,13	
	Massa verde	0,01	0,11	0,00	0,08	0,15	0,24	0,04	-0,04	-0,23	0,17	-0,17	
	Massa seca	0,07	0,11	0,02	0,10	0,12	0,17	0,08	0,02	-0,17	0,13	-0,14	
2°	Nitrogênio	0,49	0,01	-0,01	-0,19	<b>0,60*</b>	-0,27	0,08	0,20	0,30	-0,23	0,40	
	Fósforo	0,36	-0,01	0,15	-0,29	<b>0,60*</b>	<b>-0,55*</b>	-0,09	0,15	<b>0,61*</b>	<b>-0,55*</b>	0,12	
	Potássio	0,16	0,05	0,21	0,05	0,19	-0,17	0,22	0,32	0,22	-0,11	0,14	
	Massa verde	0,41	0,04	0,08	-0,09	-0,46	-0,38	0,16	0,33	0,43	-0,29	0,22	
	Massa seca	0,41	-0,06	0,10	-0,17	-0,46	-0,36	0,13	0,30	0,40	-0,29	0,21	
Profundidade de 0,20 - 0,40 m													
1°	Nitrogênio	-0,19	-0,42	0,47	0,38	<b>0,65*</b>	<b>0,63*</b>	0,35	0,17	<b>-0,60*</b>	<b>0,58*</b>	0,28	
	Fósforo	-0,15	-0,20	0,03	-0,04	0,21	0,21	0,04	-0,12	-0,20	0,11	-0,09	
	Potássio	-0,20	-0,07	0,14	-0,05	0,12	0,17	0,01	-0,05	-0,15	0,11	-0,03	
	Massa verde	-0,20	-0,34	0,08	-0,10	0,31	0,37	0,05	-0,19	-0,36	0,20	-0,21	
	Massa seca	-0,17	-0,34	0,11	-0,07	0,33	0,40	-0,02	-0,16	-0,40	0,25	-0,19	
2°	Nitrogênio	0,44	-0,13	0,39	0,12	-0,23	0,02	0,40	0,44	0,01	0,16	0,29	
	Fósforo	0,28	-0,14	0,29	0,11	-0,17	-0,08	0,28	0,35	0,11	0,08	0,09	
	Potássio	0,01	-0,13	0,36	0,06	0,18	0,32	0,23	0,14	-0,31	0,31	-0,02	
	Massa verde	0,28	-0,17	0,40	0,08	-0,15	0,05	0,35	0,38	-0,02	0,17	0,09	
	Massa seca	0,32	-0,21	0,43	0,08	-0,15	0,06	0,37	0,40	-0,03	0,18	0,15	

\*Correlação linear de Perason significativa (p<0,05).

Os valores de acúmulo de P pelo tifton 85 foram os que apresentaram a maior quantidade de elementos químicos do solo correlacionados, apresentando correlação positiva com o pH em água e o H+Al nas camadas de 0,00 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m. E correlação negativa com o pH obtido pelo método do SMP e a saturação por bases na camada de 0,10 - 0,20 m. Na camada de 0,00 - 0,10 a correlação com a saturação por bases foi positiva, demonstrando assim, a variabilidade espacial deste atributo no decorrer do perfil do solo, podendo esse resultado estar aliado a erros de amostragem e ou simplesmente coincidência na variação de valores. Os atributos químicos do solo não apresentaram nenhuma correlação com os valores de acúmulo de K no tifton 85. Na figura 3 são apresentados os mapas temáticos do acúmulo de NPK pelo tifton 85 e os principais atributos químicos do solo correlacionados.



**Figura 3** – Mapas temáticos do acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) pelo tifton 85 nas duas datas de coleta e os principais atributos químicos do solo correlacionados. Vista Gaúcha - RS, 2012.

A partir dos mapas apresentados na figura 3, observa-se visualmente a elevada variabilidade espacial e temporal do acúmulo de NPK pelo tifton 85. Neste estudo constatou-se que os atributos químicos do solo apresentaram baixa interferência na produção de MV e MS do tifton 85, porém deve-se salientar que a área de estudo apresentou elevados níveis de

fertilidades. Dessa forma, os resultados expostos não devem ser extrapolados para outras áreas, se fazendo necessária a avaliação localizada em cada área de pastagem para um correto diagnóstico local de cada solo. Neste sentido, Magalhães et al. (2009) alerta que deve-se ter cuidado com a fertilidade do solo em áreas de pastagem, principalmente em áreas de tifton pois esse apresenta um denso sistema radicular e é bastante responsivo aos fatores químicos do solo.

## 2.6 Conclusões

A produção de matéria verde, matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio pelo tifton 85, apresentam uma variabilidade espacial considerada de moderada à alta.

A saturação por bases foi o único atributo químico do solo que apresentou correlação com a produção de matéria verde e matéria seca do tifton 85.

Os valores de acúmulo de nitrogênio e de fósforo na matéria seca do tifton 85, apresenta correlação com os atributos químicos do solo saturação por bases, pH em água e H+Al.

## 2.7 Referências bibliográficas

ALVAREZ, V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C. et al. (Eds.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.43-60.

AMADO, T. J. C.; PES, L. Z.; LEIMAINSKI, C. L.; SCHENATO, R. B. Atributos químicos e físicos de Latossolos e sua relação com os rendimentos de milho e feijão irrigados. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.33, p.831-843, 2009.

CARVALHO, P. C. F.; TRINDADE, J. K.; MEZALIRA, T. E.; POLI, C. H. E. C.; NABINGER, C.; GENRO, I. C. M.; GONDA, H. L. Do bocado ao pastoreio de precisão: Compreendendo a interface planta animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, V.38, p.109-122, 2009.

CHERUBIM, M. R.; SANTI, A. L.; BASSO, C. J.; EITELWEIN, M. T.; VIAN, A. L. Variabilidade da resistência do solo à penetração em função da dimensão da malha amostral. **Revista Plantio Direto**, v.125, p.04-09, 2011.

COELHO, A. M. Agricultura de precisão: Manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: CURI, R. F.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J.



M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. V. H. (Eds). **Tópicos em Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.259-290, 2003.

COELHO, E. C.; SOUZA, E.G.; URIBEOPAZO, M. A.; PINHEIRO NETO, R. Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p.165-174, 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do solo – Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 527–535, 2003.

DICK, D. P.; NOVOTNY, E. H.; DIECKOW, J.; BAYER, C. Química e mineralogia do solo. Parte II– Aplicações. In: MELO, V. de F. & ALLEONI, L. R. F. (Eds). **Química da matéria orgânica do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2v, 2009. 695p.

FARINATTI, L. H. E.; MONKS, P. L.; FISCHER, V.; POLI, C. H. E. C.; MARTINS, R. S.; CASTILHOS, Z. M. S. Avaliação das atividades do comportamento ingestivo de vacas em lactação em pastagem nativa e tifton 85 na região da campanha do rio grande do sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.15, p.95-100, 2009.

FAVARETTO, N.; MORAES, A.; MOTTA A. C. V.; PREVEDELO, B. M. S. Efeito da revegetação e da adubação de área degradada na produção de matéria seca e na absorção de nutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.299-306, 2000.

GALZERANO, L.; ROSSIELLO, R. O. P.; OLIVEIRA, A. P. P.; PACIULLO, D. S. C.; MORENZ, M. J. F.; SILVA, R. P. Mudanças em atributos estruturais de dosséis do capim-Tifton 85 na fase de estabelecimento, induzidas pela adubação nitrogenada. **Boletim de Indústria Animal**, v.65, p.329-336, 2008.

GIOTTO, E.; ROBAINA, A.D. **A agricultura de precisão com o CR Campeiro 7**: Manual do usuário. Santa Maria: UFSM/Centro de Ciências Rurais/Departamento de Engenharia Rural/Laboratório de Geomática, 2007. 319p.

GREGO, R. C.; VIEIRA, S. R.; LOURENÇÃO, A. L. Spatial distribution of *Pseudoletia sequax* fran clemlont in triticales under no-till management. **Scientia Agrícola**, v.63, p.321-327, 2006.

- JONES, N. L.; DAVIS, R. J.; SABBAH, W.A Comparacion of three-dimensional interpolation techniques for plume characterization. **Ground Watern**,v.41, p.411-419, 2003.
- KRÜMMELBEIN, J.; PETH, S.; HORN, R. Determination of pre-compression stress of a variously grazed steppe soil under static and cyclic loading. **Soiland Tillage Research**, v.99, p.139-148, 2008.
- LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T. P. Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.945-951, 2004.
- MAGALHÃES, E. N.; OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B. Recuperação estrutural e produção de capim-tifton 85 em um Argissolo Vermelho-Amarelo compactado. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, p.68-76, 2009.
- MARCELINO, K. R. A.; VILELA, L.; LEITE, G. G.; GUERRA, A. F.; DIOGO, J. M. Manejo da adubação nitrogenada de tensões hídricas sobre a produção de matéria seca e índice de área foliar de tifton 85 cultivado no cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.268-275, 2003.
- OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.327-336, 2004.
- PRADO, R M.; BARION, R. D. Efeito calagem na nutrição e produção de massa seca do - tifton 85. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.218-224, 2009.
- RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G. Produtividade de matéria seca e composição mineral do capim-tifton 85 sob diferentes doses de nitrogênio e idades de rebrotação. **Ciências e Agrotecnologia**, v.35, p. 811-816, 2011.
- RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. R.; VALLADARES, C. S.; TORRESAN, F. E.; QUARTAROLI, C. F. Fertilidade do solo de pastagens com Brachiaria sob diferentes níveis de degradação em Guararapes (SP). In **Anais eletrônico: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do solo**. Uberlândia – MG, 2011. Disponível em: <http://www.cnpmembrapa.br/projetos/mapastore/download/PDF9.pdf>. Acessado em: 27/06/2013.
- SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; MARTIN, T. N.; PIRES, J. L. DELLA FLORA, L. P.; BASSO, J. C. Análise dos componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1346-1357, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Atributos químicos e físicos do solo sob pastagens perenes de verão. **Bragantia**, v.68, p.1037-1046, 2009.

SANTOS, J. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; SILVA, A. P. G. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na micro região do Brejo Paraibano. **Revista Ciência Rural**, v.40, 2010.

SARMENTO, P.; NASCIMENTO, R. C.; MARTINS, A. T.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E. Nutrientes limitantes ao desenvolvimento do capim-tifton 85 em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Boletim de Indústria Animal**, v.63, p.11-18, 2006.

SAS INSTITUTE –**Statistical Analysis System**, SAS/STAT User's Guide 8,0, North Caroline, NC: SAS Institute Inc. 1999.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v.52, p.591-611, 1965.

SOARES- FILHO, C. V.; RODRIGUES, L. R. A; PERRI, S. H. V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v.24, p.1377-1384, 2002.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Revisada e ampliada. Porto Alegre: Departamento de Solos (UFRGS), 1995. 174p. (UFRGS. Boletim Técnico, 5).

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Geostatistic for Enviromental Scientists**. 2º ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2007. 330p.

WENDT W.; DEL DUCA, L. J. L.; CAETANO, V. R. **Avaliação de cultivares de trigo duplo propósito, recomendados para o cultivo no estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas, 2006. 2p. (Comunicado técnico,137).

WERNER, J.C. et al. Forrageiras. In: RAIJ, B. van. et al. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p.263-273.

### 3 ARTIGO II

## VARIABILIDADE ESPACIAL NA PRODUÇÃO DE MASSA VERDE E MASSA SECA DO TIFTON 85 EM FUNÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

### 3.1 Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade espacial da produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) do tifton 85 em função dos atributos físicos do solo. O estudo foi conduzido no município de Vista Gaúcha – RS, durante os meses de outubro a dezembro de 2012, em uma área de 4,3 ha constituída de tifton 85. A área primeiramente foi georreferenciada e dividida em um grid amostral de 0,25 ha, totalizando 16 pontos amostrais. Foi realizada a simulação de dois pastejo na área para a determinação da produção de MV e MS do tifton 85. Os atributos físicos do solo foram determinados através da coleta de amostras de solo indeformadas com a utilização de cilindros das camadas de 0,05 - 0,10 m e 0,10 – 0,15 m. Foi realizado também a mensuração do (IC) índice de cone do solo com o PenetroLOG. Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e da matriz de correlação de Pearson. Os resultados demonstraram que os atributos físicos do solo que apresentaram correlações significativas com a produção de MV e MS do tifton 85 foram o ICPL, densidade e microporosidade, sendo esses mais relevantes à medida que diminui a pluviosidade.

**Palavras-chave:** *Cynodon* spp., pecuária de precisão, compactação do solo, produção de forragem.

### 3.2 Abstract

The objective of this study was to evaluate the spatial variability of production of green mass (MV) and dry mass (MS) of tifton 85 depending on the physical attributes of the soil. The study was conducted in the municipality of Rio Grande do Sul-RS, View during the months of October to December 2012, in an area of 4.3 ha consists of tifton 85. The first area was divided into a grid and georeferenced sampling of 0.25 ha, totaling 16 sampling points.

The simulation of two grazing in the area for the production of MV and MS of tifton 85. The physical attributes of the soil were determined through the collection of undisturbed soil samples with the use of cylinders of layers of 0.05-0.10 m and 0.10-0.15 m. It was held also the measurement of soil cone index with the PenetroLOG. The data were submitted to descriptive and statistical analysis of the correlation matrix of Pearson. The results showed that the physical attributes of the soil showed significant correlations with the production of MV and MS of tifton 85 were the ICPL, density and microporosity, being these more relevant as rainfall decreases.

**Keywords:** *Cynodon* spp., livestock, soil compaction, forage production.

### 3.3 Introdução

O fornecimento de forragens como base da dieta alimentar dos bovinos, tem demonstrado ser o método mais econômico e rentável na pecuária Brasileira (SANTOS et al., 2010), assim como o mais utilizado (MAGALHÃES et al., 2009) principalmente pelos pequenos produtores, devido ao menor investimento inicial. Das gramíneas de verão, merece destaque a grama tifton 85 (*Cynodon* spp.) por conter em suas características genotípicas elevada produção de MS, boa relação folha-colmo, rizomas bem desenvolvidos, rápido rebrote e alta digestibilidade (SOARES-FILHO et al., 2002; FARINATTI et al., 2009), podendo ser fornecida tanto na forma de pastagem, como enfenada (SANTOS et al., 2009; FARINATTI et al., 2009; RIVERA et al., 2010).

Por ocasião do uso intensivo dos solos nos sistemas de criação animal a pasto (SANTOS et al., 2009; TORRES et al., 2012), sem a adoção de técnicas de preservação e correção dos solos, tem se observado a ocorrência da degradação dos solos em áreas de pastagem (MOSADDEGHI et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2007), resultando na redução da produtividade das forragens (COSTA et al., 2003; LIMA et al., 2004; SANTOS et al., 2009) e no aumento da suscetibilidade a erosão (OLIVEIRA et al., 2004; KRÜMMELBEIN et al., 2008), tornando-se este fato uma ameaça a sustentabilidade do sistema de produção (SANTOS et al., 2010).

A principal característica dos solos de pastagens degradadas é a compactação (LIMA et al., 2004; SANTOS et al 2009), que se caracteriza pelo aumento da densidade (MAGALHÃES et al., 2009), aumento da resistência do solo a penetração das raízes

(CAVALIERI et al., 2006), pela redução da porosidade total (SEVERIANO et al., 2010), condutividade hidráulica (SILVA et al., 2009), macroporosidade, aeração dos solos e capacidade de infiltração de águas (DIAS JUNIOR & PIERCE, 1996).

Em um novo cenário de investigação e intervenções inteligentes, tem sido descrita a agricultura de precisão (AP), neste caso também denominado de pecuária de precisão (PP), como sendo uma ferramenta potencial a ser aliada as tecnologias de produção animal (CARVALHO et al., 2009). O conceito geral da PP pode ser citado simplificadaamente, como sendo uma nova forma de gerenciamento de todo o sistema de produção (BREHME et al., 2008), visando integrar os conhecimentos sobre todos os fatores de produção envolvidos na eficiência dos animais (LACA, 2008).

Contudo observa-se que os estudos na linha da AP, tem focado seus esforços no desenvolvimento de tecnologias que apresentam um alto custo inicial e que dificilmente se aplicam ao pequeno produtor, podendo-se citar como exemplo o gerenciamento de todo o sistema de produção por telemetria, a utilização do sistema informações geográficas no monitoramento individual e remoto das pastagens e dos animais, balanças automáticas, mangueiras eletrônicas ((PASCOA & COSTA, 2007; CARVALHO et al., 2009) e rastreabilidade da produção (LACA, 2009). Já estudos práticos com técnicas de mais fácil adoção ainda são bastante incipientes na literatura. Diante disso, o estudo dos atributos físicos do solo, e suas relações com a produtividade das pastagens são imprescindíveis, visando uma maior eficiência e lucratividade das atividades envolvidas (MAGALHÃES et al., 2009).

A hipótese que fundamenta este trabalho é de que os atributos físicos do solo interferem na variabilidade espacial da produção de massa verde (MV) e massa seca (MS) do tifton 85. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade espacial da produção de MV e MS do tifton 85 e suas correlações com os atributos físicos do solo.

### **3.4 Material e Métodos**

O estudo foi realizado em uma área no município de Vista Gaúcha, região Noroeste de Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, nas coordenadas geográficas Latitude 27° 18' 08'' S e longitude 53° 42' 16'' O e a uma altitude média de 420 metros acima do nível do mar. O tipo de solo predominante é o latossolo vermelho distrófico típico. O clima da região segundo classificação de Köppen é subtropical úmido, do tipo Cfa. A temperatura média anual é de 19°C sendo grande a variação térmica sazonal com precipitação pluviométrica média anual de 2100 mm.

O experimento foi conduzido durante os meses de outubro a dezembro de 2012, em uma área de 4,27 ha constituída de Grama Tifton 85, estabelecida há 13 anos. Inicialmente a área foi georreferenciada e dividida em uma malha amostral quadricular regular de 0,25 ha (50 m x 50 m), totalizando 16 pontos amostrais. Na sequência dia 29/09/2012 toda a área foi roçada e em cada ponto amostral foram instalados círculos de proteção confeccionados com tela, ocupando uma área útil de 1,76 m<sup>2</sup> (Figura 1), visando restringir a entrada dos animais nestes locais, os quais foram utilizados para realização das avaliações. Realizou-se na área a simulação de dois pastejo para a obtenção da produção de MV e MS da grama Tifton 85 em um intervalo de 45 dias entre os cortes. A simulação do pastejo consistiu em realizar o corte do tifton 85 a 0,05 m do solo em uma área de 0,25 m<sup>2</sup>, procedendo-se três repetições por ponto amostral.



**Figura 1** - Demonstração do círculo de proteção, utilizado em cada ponto amostral para restringir a entrada de animais nos locais de avaliação da grama tifton 85. Vista Gaúcha – RS, 2012.

Logo após o procedimento de corte do tifton 85 toda a área protegida foi roçada a 0,05 m de altura. As amostras logo após a coleta foram pesadas em uma balança digital para determinação do peso de MV, na sequência as amostras foram acondicionadas em uma estufa de circulação de ar forçado a uma temperatura de 65°C, até a obtenção de peso constante das amostras, procedendo-se então a determinação da produção de MS através de uma nova pesagem.

Em cada ponto amostral, avaliou-se vários atributos físicos do solo, dentre eles o índice de cone (IC) do solo obtido através de dois equipamentos, sendo o penetrômetro digital portátil, modelo PLG1020 Penetro LOG<sup>®</sup>. Para essa avaliação, foram realizadas 10 subamostras até uma profundidade de 0,35 m de forma casualizada e num raio máximo de 3 m ao redor do ponto. Já o outro valor de IC do solo foi obtido a partir do penetrógrafo eletrônico de bancada da empresa Marconi<sup>®</sup>, modelo MA 933, a partir de amostras coletadas em cilindro.

Para avaliação da microporosidade, macroporosidade, porosidade total, umidade gravimétrica e densidade do solo em cada ponto amostral no dia 29/09/2013, foram abertas trincheiras de 0,50 x 0,50 m de largura com 0,40 m de profundidade, onde, procedeu-se a coleta de amostras de solo indeformadas nas camadas de 0,00 - 0,05 e 0,10 - 0,15 m, com duas repetições por ponto amostral. Essas coletas foram realizadas através de cilindros de 0,05 m de altura e 0,025 m de diâmetro (490,87 cm<sup>3</sup>), as determinações em laboratório dos valores de todos os atributos físicos seguiram as metodologias descritas pela Embrapa (1997).

Para a análise estatística dos dados inicialmente, realizou-se uma análise exploratória dos conjuntos de dados, onde se obteve as medidas de posição (mínimo, média e máximo) e de dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação (CV%), de simetria e de curtose). Os valores de CV da produção de MS foram classificados em: baixa (CV: <15%), médio (CV: 15 a 35%) e alta (CV: >35%) variabilidade, segundo Coelho (2003). Para os CVs dos atributos físicos do solo utilizou-se classificação proposta por Warrick & Nielsen (1980) sendo de variabilidade baixa (CV: <12%), média (CV: 12 a 62%) e alta (CV: >62%). A hipótese de normalidade foi testada pelo teste W a 5% de significância (SHAPIRO & WILK, 1965). Para determinação do efeito dos atributos físicos do solo na produção do tifton 85 foi realizado a análise da matriz de correlação linear simples de Pearson ( $p < 0,05$ ), todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional Statistical Analysis System – SAS 8.0 (SAS Institute, 1999).

Os mapas temáticos foram confeccionados com o auxílio do programa computacional CR-Campeiro7 (GIOTTO & ROBAINA, 2007), em decorrência do enfoque do trabalho ser à pequena propriedade, foi avaliado um número reduzido de pontos amostrais ( $n < 50$  pontos), impossibilitando o uso da geoestatística para comprovar a existência de dependência espacial entre as amostras (WEBSTER & OLIVER, 2007), diante disso, seguindo-se as recomendações da literatura, utilizou-se como interpolador o inverso do quadrado da distância para elaboração de mapas temáticos (JONES et al., 2003; COELHO et al., 2009).



### 3.5 Resultados e Discussão

Os resultados da análise estatística descritiva dos dados da distribuição espacial dos atributos físicos nas diferentes profundidades do solo são apresentados na tabela 1. Pode-se observar que os valores de microporosidade e porosidade total não apresentaram diferenças significativas entre as camadas avaliadas, assim como demonstraram uma baixa variabilidade espacial segundo classificação de Warrick & Nielsen (1980), devido aos baixos valores de CVs. Já os valores de densidade, macroporosidade e IC do solo obtido a partir do penetrógrafo de bancada revelaram um aumento da compactação do solo na camada superior (0,00 – 0,05 m) em relação à camada mais profunda do solo (0,10 – 0,15 m). Pode-se observar a partir dos valores dos VCs que os atributos macroporos e IC do solo apresentaram uma mediana variação no decorrer dos pontos amostrados.

**Tabela 1** - Análise estatística descritiva da distribuição espacial dos atributos físicos em diferentes profundidades do solo. Vista Gaúcha - RS, 2012.

Variáveis	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão	Coeficiente			Teste W
					Varição	Assimetria	Curtose	
Profundida de 0,00 - 0,05 m								
Densidade (mg m <sup>3</sup> )	1,17	1,31	1,46	0,06	4,72	-0,27	0,18	0,95
Porosidade total (dm <sup>3</sup> dm <sup>3</sup> )	0,47	0,51	0,56	0,02	4,75	0,20	0,12	0,96
Microporos (dm <sup>3</sup> dm <sup>3</sup> )	0,42	0,46	0,50	0,02	4,12	-0,20	1,04	0,94
Macroporos (dm <sup>3</sup> dm <sup>3</sup> )	0,01	0,05	0,10	0,03	61,74	0,36	-1,14	0,92
Índice de cone (Mpa)	2,09	3,63	5,05	0,87	24,03	0,12	-0,90	0,96
Profundidade de 0,10 - 0,15 m								
Densidade (mg m <sup>3</sup> )	1,16	1,27	1,33	0,04	3,54	-0,87	0,77	0,93
Porosidade total (dm <sup>3</sup> dm <sup>3</sup> )	0,50	0,52	0,56	0,02	3,12	0,73	0,43	0,87*
Microporos (dm <sup>3</sup> dm <sup>3</sup> )	0,42	0,46	0,51	0,02	5,32	0,64	0,51	0,95
Macroporos (dm <sup>3</sup> dm <sup>3</sup> )	0,02	0,07	0,14	0,03	47,05	0,72	0,76	0,96
Índice de cone (Mpa)	1,45	2,71	4,19	0,70	26,00	0,35	0,11	0,98
Índice de cone a partir do PenetroLOG (ICPL)								
0,00 - 0,05 m	1,25	2,15	2,87	0,55	25,58	-0,16	-1,10	0,93
0,05 - 0,10 m	2,99	3,82	4,89	0,54	14,24	0,64	0,29	0,93
0,10 - 0,15 m	3,20	3,68	5,17	0,55	14,98	1,66	2,53	0,80*
0,15 - 0,20 m	2,93	3,29	4,14	0,38	11,47	1,19	0,40	0,84*
0,20 - 0,25 m	2,31	2,80	3,28	0,24	8,60	0,15	0,35	0,98
0,25 - 0,30 m	2,20	2,51	3,04	0,23	9,06	0,57	0,23	0,95
0,30 - 0,35 m	2,12	2,54	3,24	0,32	11,95	0,48	-0,10	0,95

W<sup>(1)</sup> = Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde: (\*) significativo em níveis de  $p \leq 0,05$ , Quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Avaliando-se os dados de IC do solo obtidos pelo PenetroLOG<sup>®</sup>, nota-se que as profundidades que apresentaram os maiores valores médios de IC foram os de 0,05 - 0,20 m da superfície do solo, corroborando com os resultados obtidos Secco et al. (2009) e Torres et al. (2012) em que citam como sendo a camada de 0,08 a 0,20 que normalmente ocorrem os

maiores problemas com compactação dos solos. A partir dos valores de CVs observa-se que até a profundidade de 0,15 m ocorreu uma maior desuniformidade da distribuição espacial do IC do solo situando-se os valores sempre acima dos 12%, esse resultado pode estar associado ao maior número de intervenções nas camadas superficiais. Abaixo da camada dos 0,15 m todos os CVs foram classificados como de baixa variação.

Os valores do teste de W, amparado nos coeficientes de assimetria e de curtose (próximos de 0) demonstram que todos os conjuntos de dados apresentaram normalidade, com exceção da porosidade total na camada de 0,10 – 0,15 m e os valores de ICPL nas camadas de 0,10 – 0,15 m e 0,15 – 0,20 m.

Na tabela 2, são apresentados os resultados da análise estatística descritiva dos dados de produção de MS do tifton 85, observa-se que houve uma variação de produção da forragem nos diferentes cortes passando de uma média de MS de 4083 kg ha<sup>-1</sup> para 5193 kg ha<sup>-1</sup> na segunda avaliação, esses resultados estão relacionados às épocas das avaliações, sendo que a segunda avaliação foi realizada no mês de dezembro, mês em que ocorrem maiores temperaturas e períodos de insolação, demonstrando serem condições mais favoráveis para o desenvolvimento do tifton 85, (Figura 2b e 2c, artigo 1).

**Tabela 2** - Análise estatística descritiva da distribuição espacial da produção de massa verde e massa seca do tifton 85. Vista Gaúcha - RS, 2012.

Variáveis	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	Coeficiente			Teste W <sup>(1)</sup>
					CV	Assimetria	Curtose	
1° Avaliação								
Massa seca - kg ha <sup>-1</sup>	2960	4083	5852	800,07	19,60	0,71	0,20	0,95
Massa verde - kg ha <sup>-1</sup>	12420	16619	23640	3277,95	19,72	0,66	-0,11	0,93
2° Avaliação								
Massa seca - kg ha <sup>-1</sup>	3207	5193	8988	1575,90	30,34	1,19	1,21	0,89*
Massa verde - kg ha <sup>-1</sup>	10840	18487	32500	6125,45	33,13	1,19	0,85	0,88*

W<sup>(1)</sup> = Teste de Shapiro-Wilk para distribuição normal, onde: (\*) significativo em níveis de p ≤ 0,05, Quando for significativo indica que a hipótese para distribuição normal é rejeitada.

Analisando os valores mínimos e máximos observa-se a grande discrepância de produção de MS e MV em diferentes pontos da área, justificando assim a utilização de intervenções e ou aplicações de corretivos de forma localizada, visando maximizar a produção e reduzir os impactos ambientais. Pelos valores de desvio padrão e CVs, nota-se que houve uma maior variabilidade de produção na segunda coleta provavelmente devido ao menor precipitação pluviométrica que a forragem enfrentou (Figura 2a, artigo 1). Pelo teste de W observa-se, que na primeira avaliação os dados de produção de MV e MS apresentaram normalidade, já na segunda coleta o conjunto de dados não seguiu uma distribuição normal,

esse resultado está relacionado à maior variabilidade espacial ocorrida na segunda avaliação (Alto CV), Grego et al. (2006) cita que a não normalidade dos dados é ocasionada pela alta amplitude de valores em pontos próximos.

A partir dos resultados obtidos na análise de correlação (Tabela 3), pode-se observar que os atributos físicos do solo apresentaram correlação com a produção de MV e MS do tifton 85 apenas na segunda avaliação, este resultado provavelmente está vinculado a distribuição irregular de chuvas no período do experimento (Figura 2a, artigo 1), sendo que no período da primeira avaliação ocorreu uma pluviosidade bastante superior à segunda, podendo-se inferir que as características físicas do solo são mais restritivas ao desenvolvimento das plantas quando ocorram menores precipitações de pluviosidade.

**Tabela 3** - Coeficiente de correlação linear simples de Pearson (r) entre os atributos Físicos do solo em diferentes profundidades do perfil com a produção de massa verde e massa seca do tifton 85. Vista Gaúcha - RS, 2012.

Variáveis	-----1ª Avaliação-----		-----2ª Avaliação-----	
	Massa seca	Massa verde	Massa seca	Massa verde
	Camada de 0,00 - 0,05 m			
Densidade	0,22	0,20	-0,05	-0,03
Porosidade Total	-0,18	-0,16	-0,05	-0,04
Microporosidade	-0,16	-0,19	0,02	0,01
Macroporosidade	-0,14	-0,11	-0,02	0,04
Índice de cone	0,14	0,14	0,14	0,08
	Camada de 0,10 - 0,15 m			
Densidade	0,11	0,06	<b>-0,52*</b>	<b>-0,51*</b>
Porosidade Total	-0,09	-0,13	-0,46	0,44
Microporosidade	-0,12	-0,18	-0,32	-0,31
Macroporosidade	0,37	0,41	0,22	0,25
Índice de cone	-0,09	-0,10	-0,17	-0,14
	Índice de cone a partir do ClorofiLOG (ICPL)			
0,00 - 0,05 m	-0,07	-0,07	<b>-0,65*</b>	<b>-0,65*</b>
0,05 - 0,10 m	-0,04	-0,05	<b>-0,72*</b>	<b>-0,69*</b>
0,10 - 0,15 m	0,22	0,20	-0,33	-0,30
0,15 - 0,20 m	-0,42	-0,38	-0,26	-0,24
0,20 - 0,25 m	0,03	-0,05	-0,05	-0,08
0,25 - 0,30 m	-0,28	-0,37	-0,28	-0,28
0,30 - 0,35 m	-0,14	-0,20	-0,33	-0,36

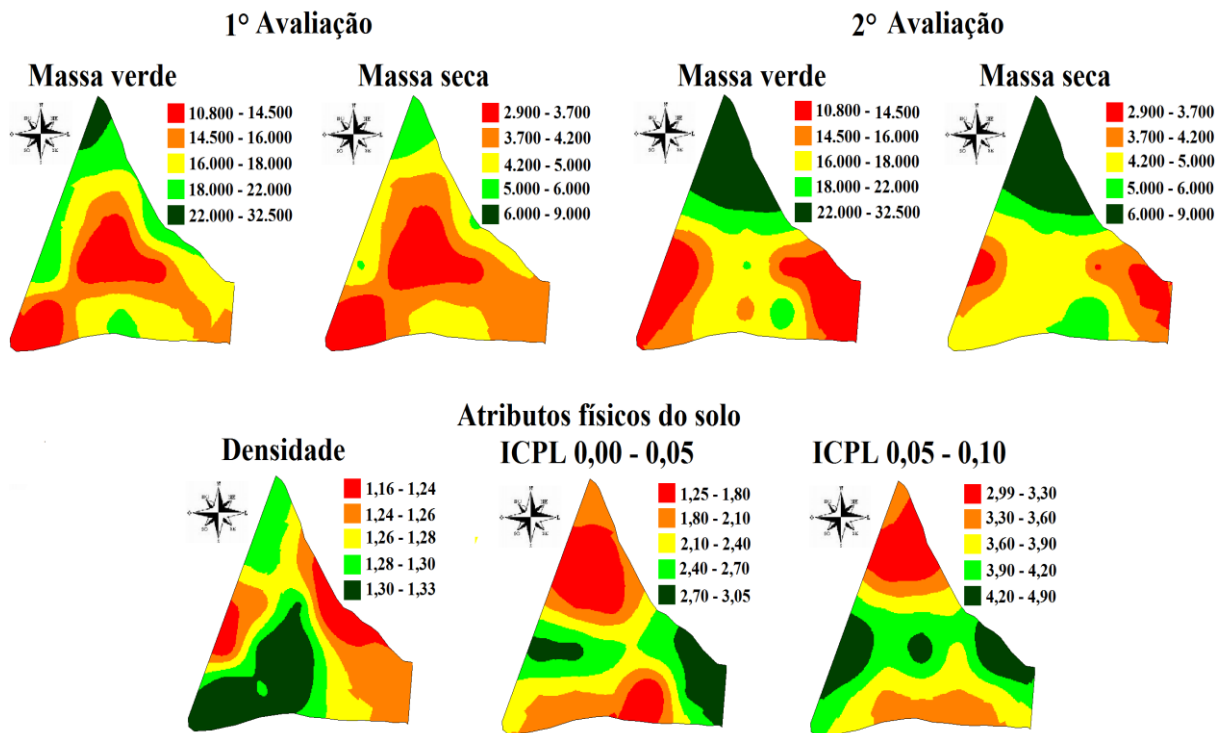
\*Correlação linear de Pearson significativa ( $p < 0,05$ ).

Os atributos que demonstraram os maiores valores de correlação com a produção de MV e MS, foram respectivamente o ICPL, densidade e microporosidade do solo. Resultados similares já foram reportados por vários autores ao observarem altos valores de correlação do IC do solo com a produção de diferentes culturas (TORMENA et al., 2007; CORREA et al., 2009; SANTI et al., 2012). Isto se deve, ao IC do solo simular a resistência que o solo promove ao desenvolvimento das raízes das plantas (BENGOUGH et al., 2011) e os seus

valores serem inter-relacionado com a textura, umidade, relevo e as condições estruturais do solo (BEUTLER et al., 2007; SOUZA et al., 2006).

Todas as variáveis que demonstraram correlações significativas (ICPL, densidade e microporosidade do solo), essas foram negativas, ou seja, com o aumento dos valores dos atributos estudados se reduziu a produção de MV e MS do tifton 85, sendo esses atributos relacionados ao grau de compactação dos solos. Severiano et al. (2010) obtiveram resultado similar e concluíram que a recuperação estrutural de um solo degradado, promoveu um aumento linear da produção de MV e MS do tifton 85.

Os mapas temáticos da produção de MV e MS do tifton 85 e os seus atributos correlacionados são apresentados na figura 2, é visível a correlação existente entre os mapas de MS e MV da segunda avaliação com os atributos físicos do solo apresentados. Outro resultado importante que pode ser visualizado é com relação à variabilidade de produção de MV e MS do tifton nas duas avaliações, podendo-se observar que em alguns pontos do mapa como os pontos do canto Norte e Leste apresentaram uma maior estabilidade de produção, já outros ponto como os do centro dos mapas apresentaram-se bastante instáveis. Diante disso podemos inferir que é fundamental a realização de mapeamentos ao longo ciclo do tifton 85 para que possamos compreender a variabilidade temporal da produção de MV e MS e assim recomendarmos práticas de intervenção localizadas, correção, adubação dos solos buscando maior eficiência e racionalização no uso desses insumos.



**Figura 2** – Mapas temáticos da produção de massa verde e massa seca nas duas avaliações e os principais atributos físicos do solo correlacionados. Vista Gaúcha, RS, 2012.

### 3.6 Conclusões

Os atributos físicos do solo que apresentaram correlações significativas com a produção de matéria verde e matéria seca do tifton 85 foram o ICPL, densidade e microporosidade, sendo esses mais relevantes à medida que diminui a pluviosidade.

Há variabilidade temporal na produção de matéria verde e matéria seca do tifton 85, que esta influenciada pelas questões de qualidade física do solo.

### 3.7 Referências Bibliográficas

BENGOUGH, A. E.; MCKENZIE, B. M.; HALLET, P. D.; VALENTINE, T. A. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: A review of limiting stress and beneficial root tip trails. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.59-68, 2011.

BEUTLER, A. N.; CEBTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; LEONEL, C. L.; SÃO-JOÃO, A. C. E.; FREDDI, O. S. Intervalo hídrico ótimo no monitoramento da compactação e da qualidade física de um Latossolo vermelho cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1223-1232, 2007.

BREHME, U.; STOLLBERG, U.; HOLZ, R. et al. ALT pedometer –New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.62, p.73-80, 2008.

CARVALHO, P. C. F.; TRINDADE, J. K.; MEZALIRA, T. E.; POLI, C. H. E. C.; NABINGER, C.; GENRO, I. C. M.; GONDA, H. L. Do bocado ao pastoreio de precisão: Compreendendo a interface planta animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, V.38, p.109-122, 2009.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A.; VIDIGAL-FILHO, P. S.; GONÇALVES, A. C. A. COSTA, A. C. S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.137-147, 2006.

COELHO, A. M. Agricultura de precisão: Manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. In: CURI, R. F.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V. V. H. (Eds). **Tópicos em Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p.259-290, 2003.

COELHO, E. C.; COELHO, E. C.; SOUZA, E.G.; URIBEOPAZO, M. A.; PINHEIRO NETO, R. Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador na elaboração de mapas temáticos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, p.165-174, 2009.

CORRÊA, A. N.; TAVARES, M. H. F.; URIBE-OPAZO, M. A. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo e seus efeitos sobre a produtividade do trigo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, p. 81-94, 2009.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 527–535, 2003.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FARINATTI, L. H. E.; MONKS, P. L.; FISCHER, V.; POLI, C. H. E. C.; MARTINS, R. S.; CASTILHOS, Z. M. S. Avaliação das atividades do comportamento ingestivo de vacas em lactação em pastagem nativa e tifton 85 na região da campanha do rio grande do sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.15, p.95-100, 2009.

GIOTTO, E.; ROBAINA, A.D. **A agricultura de precisão com o CR Campeiro 7: Manual do usuário**. Santa Maria: UFSM/Centro de Ciências Rurais/Departamento de Engenharia Rural/Laboratório de Geomática, 2007. 319p.

GREGO, R. C.; VIEIRA, S. R.; LOURENÇÃO, A. L. Spatial distribution of *Pseudoletia sequax* franslem lont in triticales under no-till management. **Scientia Agrícola**, v.63, p.321-327, 2006.

JONES, N. L.; DAVIS, R. J.; SABBAH, W.A. A comparison of three-dimensional interpolation techniques for plume characterization. **Ground Water**, v.41, p.411-419, 2003.

KRÜMMELBEIN, J.; PETH, S.; HORN, R. Determination of pre-compression stress of a variously grazed steppe soil under static and cyclic loading. **Soiland Tillage Research**, v.99, p.139-148, 2008.

LACA, E. A. Pastoreo de precisión. In: **Bioma Campos: innovando para mantenersu sustentabilidad y competitividad**. Montevideo: Tradinco, v.1. 2008, p.29-40.

LACA, E. A. Precision livestock production: tools and concepts. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.123-132, 2009.

LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T. P. Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.945-951, 2004.

MAGALHÃES, E. N.; OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B. Recuperação estrutural e produção de capim-tifton 85 em um Argissolo Vermelho-Amarelo compactado. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, p.68-76, 2009.

MOSADDEGHI, M. R.; KOOLEN, A. J.; HEMMAT, A.; HAJABBASI, M. A.; LERINK, P. Comparisons of different procedures of pre-compaction stress determination on weakly structure soils. **Journal of Terramechanics**, v.44, p.53-63, 2007.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.327-336, 2004.

OLIVEIRA G. C.; SEVERIANO, E. C.; MELLO, C. R. Dinâmica da resistência à penetração de um Latossolo vermelho da Microrregião de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.265-270, 2007.

PASCOA, A. G.; COSTA, M. P. Aplicação dos sistemas de informação geográfica para definição de estratégias de manejo de bovinos em pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.45-51, 2007.

RIVERA, A. R.; BERCHIELLI, T. T. I.; MESANA, J. D.; VELASQUES, P. T.; FRANCO, A. V. M.; FERNANDES, L. B. Fermentação ruminal e produção de metano em bovinos alimentados com feno de capim-tifton 85 e concentrado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.617-624, 2010.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.) **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Atributos químicos e físicos do solo sob pastagens perenes de verão. **Bragantia**, v.68, p.1037-1046, 2009.

SANTOS, J. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; SILVA, A. P. G. Atributos físicos e químicos do solo de áreas sob pastejo na micro região do Brejo Paraibano. **Revista Ciência Rural**, v.40, n.3, p. 253-262, 2010.

SAS INSTITUTE –**Statistical Analysis System**, SAS/STAT User's Guide 8,0, North Caroline, NC: SAS Institute Inc. 1999.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIM, M. R.; MARTIN, T. N.; PIRES, J. L.; DELLA FLORA, L. P.; BASSO, J. C. Análise dos componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1346-1357, 2012.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SILVA, V. R. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois Latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, v.39, p.58-64, 2009.

SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C. DIAS-JUNIOR, M. S.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B.; MAGALHÃES, E. N. Potencial de descompactação de um Argissolo promovido pelo



capim-tifton 85. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.39-45, 2010.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. Ananalysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v.52, p.591-611, 1965.

SOARES- FILHO, C. V.; RODRIGUES, L. R. A; PERRI, S. H. V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v.24, p.1377-1384, 2002.

SOUZA, Z.M.; CAMPOS, M.C.C.; CAVALCANTE, I.H.L.; MARQUES JR, J.; CESARIN, L.G.; SOUZA, S. R. Dependência espacial da resistência do solo à penetração e do teor de água do solo sob cultivo contínuo de cana-de açúcar. **Ciência Rural**, v.36, p.128-134, 2006.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.211-219, 2007.

TORRES, J. L. R.; RODRIGUES-JUNIOR, D. J.; SENE, G. A.; JAIME, D. G.; VIEIRA, D. M. S. Resistência à penetração em área de pastagem de capim tifton influenciada pelo pisoteio e irrigação. **Bioscience Journal**, v.28, p.232-239, 2012.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (Ed). **Applications of soil physics**. New York: Academic Press, 1980, p. 319-344.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Geostatistic for Enviromental Scientists**.2° ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2007. 330p.

## 4 DISCUSSÃO

Os levantamentos da produção de MV, MS e do acúmulo de NPK pelo tifton 85 permitiram visualizar através dos mapas temáticos a alta variabilidade espacial da produção de forragem ao longo da área, assim como a variação de produção em diferentes períodos do ano (Variabilidade temporal). Demonstrando a importância de se realizar um monitoramento constante da produção de forragem nos diferentes locais da área.

Através do estudo pode-se concluir que a área apresenta bons níveis de fertilidade, segundo as recomendações do Manual de Adubação e Calagem para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004). Porém a área apresenta alguns problemas de compactação do solo, detectadas principalmente pelos valores de índice de cone do solo. Pode-se notar que os atributos físicos do solo apresentaram limitação ao desenvolvimento do tifton 85 principalmente no período em que ocorreu déficit hídrico. Assim como os atributos químicos do solo, em que mesmo apresentando uma alta fertilidade, no período de carência de chuvas alguns atributos químicos limitaram a produção do tifton 85. Esses resultados Corroboram com os encontrados por Stirzaker et al. (1996) e Molin (2001) em que descrevem que em algumas situações as características físicas do solo se sobrepõem sobre as químicas. Isso demonstra a importância de se realizar o estudo dos atributos químicos e físicos do solo de forma conjunta, para que se possa ter um melhor diagnóstico das condições que o solo se encontra.

Devido à agricultura de precisão ter sido implantada recentemente no Brasil, e estar associado principalmente ao uso de tecnologias de alto custo de aquisição, esse trabalho se caracteriza como um trabalho pioneiro nessa área de produção de forragem em pequena propriedade. O estudo deixou claro que é possível se realizar o monitoramento da produção de forragem e dos principais atributos do solo relacionados em pequenas propriedades sem a necessidade de altos investimentos.

Posteriormente a detecção de quais são as limitações da área em estudo, é possível planejar intervenções localizadas e ou detectar quais são as causas dessas limitações, proporcionando ao produtor que maximize a sua produção, reduza os seus custos e preserve o meio ambiente, por meio da aplicação de fertilizantes e intervenções localizadas e baseadas em critérios técnicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KRÜMMELBEIN, J.; PETH, S.; HORN, R. Determination of pre-compression stress of a variously grazed steppe soil under static and cyclic loading. **Soiland Tillage Research**, v.99,p.139-148, 2008.

MOLIN, J.P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: ESALQ, USP, 2001. 83 p.

RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. R.; VALLADARES, C. S.; TORRESAN, F. E.; QUARTAROLI, C. F. Fertilidade do solo de pastagens com *Brachiaria* sob diferentes níveis de degradação em Guararapes (SP). In **Anais eletrônico: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do solo**. Uberlândia – MG, 2011. Disponível em: <http://www.cnpmembrapa.br/projetos/mapastore/download/PDF9.pdf>. Acessado em: 27/06/2013.

STIRZAKER, R. J.; PASSIOURA, J. B.; WILMS, Y. Soil structure and plant growth: Impact of bulk density and bioporos. **Plantand Soil**, 185: 151-162, 1996.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIM, M. R.; MARTIN, T. N.; PIRES, J. L.; DELLA FLORA, L. P.; BASSO, J. C. Análise dos componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1346-1357, 2012.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Atributos químicos e físicos do solo sob pastagens perenes de verão. **Bragantia**, v.68, p.1037-1046, 2009.

TORRES, J. L. R.; RODRIGUES-JUNIOR, D. J.; SENE, G. A.; JAIME, D. G.; VIEIRA, D. M. S. Resistência à penetração em área de pastagem de capim tifton influenciada pelo pisoteio e irrigação. **Bioscience Journal**, v.28, p.232-239, 2012.

WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Geostatitic for Enviromental Scientists**. 2° ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2007. 330p.