

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO POLITECNICO DA UFSM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**ESTRATÉGIAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO
PARA DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO EM
SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Marcelo Pilon

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**ESTRATÉGIAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO PARA
DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO EM SISTEMAS DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**

Marcelo Pilon

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, Área de Concentração em Tecnologias 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. Antônio Luis Santi

Santa Maria, RS, Brasil

2014

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

Pilon, Marcelo

Estratégias de agricultura de precisão para definição de zonas de manejo em sistemas de integração lavoura-pecuária / Marcelo Pilon - 2014. 63 p.; 30cm

Orientador: Antônio Luis Santi

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, RS, 2014

1. *Estratégias*. 2. Agricultura de precisão. 3. Integração lavoura pecuária. I. Santi, Antônio Luis II. Título.

© 2014.

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

End. Eletrônico: marcpillon@hotmail.com.br

**Universidade Federal de Santa Maria
Colégio Politécnico da UFSM
Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
Aprova a Dissertação de Mestrado

**ESTRATÉGIAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO PARA
DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO EM SISTEMAS DE
INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**

Elaborado por
Marcelo Pilon

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agricultura de Precisão

Comissão Examinadora:

Antônio Luis Santi, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Telmo Jorge Carneiro Amado, Dr. (UFSM)
(Examinador)

Naylor Bastiani Perez, Dr. (Embrapa Pecuária Sul)
(Examinador)

Santa Maria, 05 de Junho de 2014.

Dedico este trabalho a minha família, em especial meus pais que sempre me incentivaram a buscar meus objetivos e realizar meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser capaz, e ter a oportunidade de viver um momento único de poder conceber o conhecimento e dividir as experiências da minha vida. Agradeço a toda equipe da Embrapa Pecuária Sul, ao chefe geral – Alexandre Costa Varela, por ter concordado em disponibilizar parte do meu tempo de trabalho para dedicação ao mestrado, ao chefe adjunto de pesquisa, desenvolvimento e inovação, Daniel Portella Montardo, por ter acolhido a proposta e entendido a importância do conhecimento nesta área de pesquisa, e em especial a chefe adjunta de transferência de tecnologia, colega e amiga, Estefanía Damboriarena, por ser a minha grande incentivadora na busca pelo conhecimento, crescimento pessoal, e em equipe. Agradeço também ao pesquisador Naylor Bastiani Perez, por ser meu co orientador e ter me disponibilizado a oportunidade de trabalhar na área de AP em ILP da Embrapa Pecuária Sul e fazer parte da rede de AP da Embrapa. Ao pesquisador Leandro Bochi da Silva Volk por ter me ajudado na interpretação e orientação dos dados do trabalho. A colega Graciela Oliveira pela presteza no auxílio da normatização deste trabalho. Aos demais funcionários da empresa, que de uma forma ou de outra colaboraram com coletas de dados e execução de tarefas de campo. De forma geral, a toda a Embrapa Pecuária Sul, por ter colocado toda a estrutura da empresa a minha disposição para realização dos meus trabalhos a campo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação: Adão Robson Elias, Ivan Dressler, Claire Delfini Viana Cardoso, por terem contribuído com a minha formação durante as disciplinas que tive o prazer de conviver como aluno e absorver os conhecimentos durante o curso em Agricultura de Precisão. Ao professor Telmo Jorge Carneiro Amado como Coordenador do colegiado e pelas excelentes aulas durante o curso. Também ao professor Elódio Sebem pela postura exemplar com os colegas e professores.

Ao professor e orientador Dr. Antônio Luis Santi por ter aceitado ser meu orientador, pelo apoio e compreensão no desenvolvimento e contribuição para à conclusão deste trabalho.

Ao servidor Juliano, secretário do curso de pós-graduação em Agricultura de Precisão, por todo auxílio e dedicação.

Agradeço também aos professores: Telmo Carneiro Amado, Naylor Bastiane Perez e Jackson Ernani Fiorin, por ter aceito o convite em fazer parte da Comissão Examinadora deste trabalho.

Os colegas de mestrado que tive a alegria de conhecer, aos amigos que fiz e que ficarão guardados no lado esquerdo do peito.

Minha família que sempre me ajudou e apoiou em minhas decisões e teve paciência comigo nas horas difíceis.

A todos que participaram da minha longa caminhada até aqui, ofereço todo meu respeito e carinho.

Obrigado!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão
Universidade Federal de Santa Maria

ESTRATÉGIAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO PARA DEFINIÇÃO DE ZONAS DE MANEJO EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

AUTOR: MARCELO PILON

ORIENTADOR: Dr. ANTÔNIO LUIS SANTI

Data e local da defesa: Santa Maria, 05 de junho de 2014.

A Agricultura de Precisão é uma excelente ferramenta para auxiliar e aprimorar o gerenciamento espacial e temporal das atividades agrícolas. Nesse sentido o manejo sítio-específico, proporciona o entendimento de lavouras agrícolas ou pecuárias em escalas espaciais menores do que aquelas adotadas na agricultura convencional. Para a aquisição de dados e obtenção de mapas, a Condutividade Elétrica do Solo, a Resistência a Penetração e a Análise Química do Solo, foram utilizadas por serem variáveis que se correlacionam com fatores de produção dos grãos. O presente trabalho avaliou os dados obtidos em uma unidade de referência da Embrapa, submetida a um sistema de integração lavoura-pecuária de longa duração com sucessão de cultivo de soja durante o verão e de pastagem de azevém durante o inverno. Os dados relativos à variabilidade obtida na produtividade da soja, foram utilizados para tentar estabelecer zonas de manejo na produtividade da pastagem, juntamente com a (CE), (RP) e (AQS). A partir dos valores de correlação entre a produtividade da soja e a produção de forragem apresentados, foi observado que houve correlação positiva da produtividade da soja com a produção de forragem, apenas no primeiro corte da forragem. Este resultado demonstra que a resposta em produtividade de culturas diferentes é distinta em uma mesma área. Tendo em vista os resultados obtidos, conclui-se que as medidas de (CE) apresentaram boa repetibilidade, com forte correlação positiva e com espalhamento relativamente pequeno. Por outro lado, as zonas de (CE) não foram correlacionadas para determinar as zonas de manejo na fase da pastagem, cabendo ainda estudos complementares para verificar a eficiência da (CE) em relação à variabilidade na produtividade do pasto na região sul do Brasil.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Integração lavoura pecuária. Zona de manejo. Produção de forragem.

ABSTRACT

Master's degree dissertation
Master Course in Precision Agriculture
Federal University of Santa Maria

STRATEGIES OF PRECISION AGRICULTURE FOR DEFINING MANAGEMENT ZONES CROP IN LIVESTOCK SYSTEMS

AUTHOR: MARCELO PILON
SUPERVISOR: Dr. ANTÔNIO LUIS SANTI
Santa Maria, June 05, 2014.

The Precision Agriculture is a great tool to assist and enhance the spatial and temporal management of agricultural activities. In this sense the site-specific management, provides an understanding of agricultural crops or livestock on smaller spatial scales than those adopted in conventional agriculture. For data acquisition and obtaining maps, the Electrical Conductivity of the soil, the Penetration Resistance and Chemical Analysis of the Soil were used because they are variables which correlate with factors for grain production. This study evaluated the data obtained in a reference unit of Embrapa, submitted to a system of long-term crop-livestock integration succeeded by soybean cultivation during the summer and ryegrass pasture during the winter. The data on variability obtained on soybean yield, were used to establish management zones in pasture productivity, along with the (EC), (PR) and (CAS). From the values of correlation between soybean yield and forage production presented, it was observed that there was a positive correlation between the productivity of soybean and the forage production, only in the first cut of the forage. This result demonstrates that the response in productivity of different crops is distinct in the same area. Considering the results, it is concluded that the EC measures showed good repeatability, with a strong positive correlation with relatively small scattering. On the other hand, the areas of EC were not effective to determine the areas of management in the pasture phase, still fitting complementary studies to verify the efficiency of the EC in relation to variability in pasture productivity in southern Brazil.

Keywords: Precision Agriculture. Crop livestock systems. Management zone. Forage production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Detalhe da localização da área experimental, Bagé - RS, 2014	34
Figura 2 – Variáveis climáticas na área durante a condução do experimento, Bagé - RS, 2013.....	35
Figura 3 – Mapa de produtividade de soja obtido na área na safra 2013.....	36
Figura 4 – Detalhe do equipamento VERIS 3100 da Stara usado no experimento, Bagé, RS, 2013	37
Figura 5 – Zonas de manejo delimitadas a partir do mapa de produtividade de soja.....	38
Figura 6 – Detalhe dos transsectos com os 120 pontos de resistência a penetração	39
Figura 7 – Detalhe da gaiola de exclusão antes do corte da forragem	40
Figura 8 – Detalhe do posicionamento das gaiolas nas zonas de produtividade de soja.....	41
Figura 9 – Comparação múltipla de média dos valores de produtividade da soja e de forragem nas diferentes zonas de manejo. Bagé, RS, 2014	43
Figura 10 – Levantamento da condutividade elétrica do solo realizada em 2010 (A) e em 2013 (B).....	48
Figura 11 – Correlação entre a condutividade elétrica determinada em 2010 e em 2013	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação múltipla de média dos atributos químicos do solo nas diferentes zonas de manejo. Bagé - RS, 2014	45
Tabela 2 – Análise de correlação entre a produtividade da soja e de forragem. Bagé - RS, 2014	46
Tabela 3 – Análise de correlação entre a produtividade da soja e de forragem com os atributos químicos do solo na camada de 0,00 – 0,10 m. Bagé - RS, 2014	46
Tabela 4 – Análise de correlação entre a produtividade da soja e de forragem com os atributos químicos do solo na camada de 0,10 – 0,20 m. Bagé - RS, 2014	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Agricultura de precisão
AQS	Análise Química do Solo
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CE	Condutividade Elétrica
CV	Coeficiente de Variação
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPR	Ground Penetrating Radar
GPS	<i>Global Positioning System</i> - Sistema de Posicionamento Global
GRS	Gamma Ray Spectrometry
ILP	Integração Lavoura Pecuária
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
PFS	<i>Pastures From Space</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PP	Pecuária de Precisão
RP	Resistência a Penetração
RS	Rio Grande do Sul
SAS	Statistical Analysis System
SPD	Sistema Plantio Direto
SIG	Sistema de Informações Geográficas
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
VANT	Veículos Aéreos Não Tripulados
WiFi	Wireless Fidelity

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.1.1 Objetivos específicos.....	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 A Importância da pecuária para o Brasil.....	16
3.2 A competitividade da Pecuária	17
3.3 A importância da pecuária para o Rio Grande do Sul	19
3.4 A situação da pecuária no Rio Grande do Sul.....	21
3.5 Integração Lavoura Pecuária	24
3.6 Pecuária de Precisão – como as ferramentas podem auxiliar na melhoria da oferta forrageira em um sistema de integração-lavoura-pecuária.	27
3.6.1 Intervenções sítio-específica em sistemas de produção animal.....	29
3.6.2 Estimativas da produção de forragem.....	30
3.6.3 Sensores de solo.....	31
3.6.4 Sensores de plantas.....	32
3.6.5 Pastejo de precisão (PP).....	33
4 MATERIAIS E MÉTODOS	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
5.1 Mapa de colheita e zonas de manejo	42
5.2 Condutividade elétrica do solo (CE)	47
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	50
REFERÊNCIAS.....	51
ANEXOS	61

1 INTRODUÇÃO

A população mundial continua crescendo. Segundo a publicação da Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO, 2011), a população atual da terra é de sete milhões de pessoas e vai aumentar, a cerca de nove milhões até 2050. Até essa data, deverá ocorrer anualmente um incremento de um milhão de toneladas de cereais e duzentos milhões de toneladas adicionais produtos de origem animal. Esse crescimento implicará na necessidade da agricultura continuar crescendo como um dos principais segmentos da economia mundial, tendo que atender ao mesmo tempo a preservação ambiental, melhorar a nutrição humana e animal, e diminuir a insegurança alimentar.

A produção agrícola no futuro terá que aumentar mais rapidamente do que o crescimento da população. Isso deve ocorrer em grande parte, em terras agrícolas já existentes. Por conseguinte, as melhorias terão que vir de intensificação sustentável, em que se faz uso eficiente dos recursos de terra e água, sem causar danos ao ambiente. Dessa forma, a agricultura de precisão (AP) surge como ferramenta para auxiliar e aprimorar o gerenciamento espacial e temporal das atividades agrícolas. De acordo com (PLANT, 2001), a AP ou manejo sítio-específico, é o manejo de lavouras agrícolas ou pecuárias em escalas espaciais menores do que aquelas normalmente adotadas para toda a lavoura. O conceito de AP está normalmente associado à utilização de equipamento de alta tecnologia:

- Uso de hardware / software para avaliar ou monitorizar;
- Uso de um sistema de informações geográficas (GIS ou SIG);
- Uso de um sistema de posicionamento global (GPS);
- Uso de sensores eletrônicos para detectar e enviar o sinal de comando para o equipamento.

A AP é abordada de várias formas, mas o objetivo geral é de utilizar estratégias para diminuir as desuniformidades nas lavouras em relação a produtividade, solo (características físicas, químicas e biológicas), plantas daninhas, pragas e doenças. Essas estratégias devem sempre vir relacionadas com ganhos de rendimento operacional, financeiros e ambientais. No início da AP no Brasil, o uso destas tecnologias estava limitado a poucos usuários que podiam realizar grandes

investimentos, além de ser vista como um processo complexo de difícil utilização. Atualmente aos poucos, vem sendo desmistificada e oferecendo soluções tecnológicas que podem ser acessadas com baixos investimentos e disponibilizando resultados eficientes em tempo real. A grande quantidade de projetos envolvendo iniciativa público-privada, entidades de pesquisa, cooperativas e produtores, proporcionou a popularização da AP para a grande maioria dos agricultores, o que permite projetar um futuro promissor para as práticas associadas a essa tecnologia.

Embora tudo isso tenha começado na área de grãos, é perfeitamente admissível que o conceito se estenda a qualquer cultura, sem exceção (MOLIN, 2002). A questão é apenas como monitorar o que acontece e com que frequência. Nos cereais em geral, houve um investimento maior pela extensão das áreas que ocupam e, há iniciativas em inúmeras culturas, como algodão, tubérculos, cana-de-açúcar, frutíferas em geral, café, feno, amendoim, chá, tomate industrial etc.

No entanto, apesar desses avanços quando se procura informações relacionadas ao impacto dos animais nos sistemas integrados, mais precisamente com a pecuária de precisão, a diversidade de informações que estão disponíveis é muito escassa se comparada as informações disponíveis para AP ligada à área agrícola. Dessa forma, esse trabalho visa avaliar dentro de uma perspectiva de manejo baseada na caracterização da variabilidade e na intervenção sitio-específica, na fase agrícola e pecuária identificando as características chave no desempenho do sistema, e permitir o desenvolvimento de práticas e processos de intervenção que resultem em ganhos para o sistema Integração Lavoura Pecuária (ILP).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar as relações dos atributos do solo com fatores de produção em zonas de manejo definidas através de mapa de colheita da cultura da soja em um sistema de integração lavoura pecuária.

2.1.1 Objetivos específicos

- Verificar se as zonas de produtividade de soja possuem relação com as zonas de produtividade de pastagem em sucessão;
- Avaliar se existe correlação entre atributos químicos do solo e a produtividade da soja ou da pastagem;
- Definir se existe relação entre a condutividade elétrica do solo com mapas de colheita da soja com propósito de definir zonas de manejo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A Importância da pecuária para o Brasil

O setor pecuário, atualmente, representa 6,5% do PIB brasileiro, gera 18% das exportações do agronegócio nacional e já passou por vários ciclos de expansão e retração, mas, em média, sempre cresceu, inovou, não deixando dúvidas que constitui um dos nossos principais pilares econômicos (REVISTA AGROPECUÁRIA, 2012). Os derivados bovinos abastecem 49 segmentos industriais diferentes, incluindo indústrias de alimentos, têxteis, calçadistas, de cosméticos, farmacêuticas, de biocombustíveis, químicas entre outros.

São US\$ 5 bilhões em exportações de carne bovina, US\$1,88 bilhão em couro e US\$ 367 milhões em gado em pé. Segundo Rosa (2009), a pecuária brasileira contribui com a alimentação da população de mais de 150 países. Tudo isso, nos últimos anos, sem aumentar as áreas de pastagem, cedendo espaço para a agricultura, investindo em bem estar animal, na redução dos impactos ambientais e na melhoria da qualidade de vida daqueles envolvidos na produção.

A bovinocultura de corte brasileira passou por profundas modificações nos últimos dez anos. Foram observadas alterações significativas na sua produção e produtividade (BARCELLOS et al., 2004). A ampliação das fronteiras agrícolas no centro-oeste e no norte do país permitiu um crescimento acentuado do efetivo bovino. Este crescimento foi acompanhado de um considerável aumento nos indicadores tecnológicos de produtividade e de eficiência dos sistemas de produção. O resultado do crescimento da atividade permitiu que o Brasil avançasse de forma crescente no mercado internacional de carnes, tornando-se um dos maiores exportadores de carne bovina do mundo. Contudo, o status de exportador não garantiu na mesma forma a remuneração para o produtor e fatores ligados ao status sanitário internacional, poucas plantas abatedouras habilitadas a exportação e a falta de uma cadeia de produção organizada podem ter sido as principais causas dessa baixa remuneração.

Paralelo a isso, ocorreu um crescimento significativo na economia de alguns países, principalmente os asiáticos, o que ocasionou uma elevação nos preços das *commodities* agrícolas no mercado internacional. Enquanto alguns países da Europa desestimulavam o consumo de carne bovina por problemas de segurança alimentar, alguns países asiáticos passaram a ter acesso a proteína de origem animal, (frango e suínos) substituindo de forma rápida a proteína vegetal pelo animal. Estes dois fenômenos contribuíram fortemente para a maior demanda de grãos e o aumento do preço das *commodities*, principalmente a soja, foi inevitável no Brasil. A agricultura passou a viver uma nova era e o solo teve sua ocupação rapidamente redirecionada da pecuária para a agricultura (BARCELLOS et al., 2004).

Neste contexto, a pecuária de corte, atividade que necessita de uma escala mínima de terra para a sua sustentabilidade como atividade econômica, quando comparada a agricultura ou mesmo a outras atividades pecuárias de maior conversão energética, como o suínos e frangos, enfrenta uma nova conjuntura de produção. Mesmo em solos com baixo potencial para cultivos, pelas novas oportunidades econômicas e tecnológicas, a agricultura acaba concorrendo com a pecuária de corte. Desse modo, surge um conflito na matriz de uso da terra entre a produção de grãos e a produção de pasto para produzir carne ou leite. Assim, a terra passa ter um alto custo de oportunidade para bovinocultura refletindo-se no aumento do custo de produção da carne. Portanto, a pecuária de corte necessita ajustar-se à nova conjuntura internacional, com novos patamares de eficiência e de produtividade assim como seus indicadores bio-econômicos. Para isto é fundamental uma gestão eficiente dos recursos e dos processos de produção (BARCELLOS et al., 2008).

3.2 A competitividade da Pecuária

A pecuária de corte vem passando por ajustes nos últimos anos, particularmente pela necessidade do mercado internacional, como as exigências para certificar a origem e os processos de produção, o aumento do custo de produção e perda de rentabilidade. Dessa forma, devemos reavaliar todo o processo de rentabilidade da pecuária, visto que a definição de competitividade e o

entendimento dos fatores que a determinam a rentabilidade na pecuária de corte, têm relação direta com a escolha das estratégias a serem utilizadas no planejamento do negócio.

De um modo geral, a competitividade pode ser vista como uma medida de desempenho de uma empresa individual ou de um produto. Este desempenho depende de relações que o produto estabelece com o mercado, e as estratégias utilizadas para “driblar os gargalos” ao longo da cadeia de produção. Tradicionalmente, o indicador de competitividade é aquele que demonstra a capacidade participativa do produto em relação ao mercado que está inserido. Esse indicador de competitividade é simples e muito utilizado para situar a empresa ou produto em relação ao mercado. O resultado deste indicador, poderá ser traduzido em uma vantagem competitiva cujo o resultado dependerá da estratégia empregada. Mesmo assim, os indicadores devem continuar sendo utilizados de forma a manter a informação atualizada sobre os “sinais” de mudança que o mercado pode expressar a qualquer momento, mantendo o produto ou empresa competitiva.

As evidências demonstram que nos últimos anos este ciclo de construção da competitividade foi interrompido e como consequência a pecuária de corte foi perdendo eficiência e lucratividade. Uma das grandes dificuldades de discutir as questões de competitividade em pecuária de corte é que de forma geral o pecuarista desconhece seu próprio negócio, e não o consideram como uma atividade econômica. Considerando algumas particularidades desta atividade, os pecuaristas em geral afirmam que a pecuária é diferente e muitas vezes ignoram conceitos básicos como a simples lei da “oferta e procura”.

Entretanto no cenário atual da pecuária, a economia impôs mudanças profundas, o que forçou os que permaneceram nesta atividade a tomar nova postura em relação ao seu negócio. A principal mudança está em relação ao produto que é ofertado ao mercado, sendo que a partir desse momento quem determina as especificidades de qualidade e quantidade é o mercado consumidor, como os novos hábitos absorvidos pela vida moderna e com classes econômicas distintas.

Simultaneamente a tudo isso, surgem novos desafios de tornar o pecuarista um empreendedor competitivo. Infelizmente não são todos os que conseguem manter-se na atividade e muitos acabam saindo do negócio de forma tão rápida quanto a mudança de paradigma imposto pela atual conjuntura. As formas de competitividade podem ser conquistadas pelo menor custo de produção em relação

ao concorrente ou pela diferenciação de produto. No entanto, o sucesso através da redução de custos, são mínimos devido ao fato de que os principais insumos de produção estão concentrados nas mãos de poucas empresas internacionais. Assim, recuperar competitividade pelos menores custos de produção torna-se uma tarefa complexa e difícil.

Outro fator que não proporciona redução nos custos, é a falta de cooperativismo pelos pecuaristas, o que torna a aquisição de seus insumos de produção mais caros. Se por esse lado esses motivos não permitem redução de custos, há muitas oportunidades de reduzir os custos pela eliminação das perdas dentro do sistema de produção. Desperdícios de insumos, horas em retrabalho, excesso de mão-de-obra e realização de operações pontuais fora de calendário, são exemplos de perdas que podem reduzir os custos de produção sem incrementar qualquer investimento que não seja em qualificação da mão-de-obra. Em muitas atividades não basta melhorias em mão-de-obra eficiente, mas há também necessidade de realizar investimentos, e uma análise detalhada do negócio, pois certos negócios já não permitem nenhum nível de endividamento. Contudo, a introdução de tecnologia de processos que tragam competitividade, podem constituir-se em alternativas viáveis e de baixo custo para aumentar a produtividade.

Uma maneira de ganhar competitividade no mercado, é atender a demanda através de produtos adequados e passíveis de agregação de valor, como o caso de padrões raciais e conformidades com mercados importadores, que geralmente bonificam para produtos diferenciados. Por outro lado, não atendê-los poderá dificultar a venda ou ainda receber um menor preço pelo produto. A possibilidade de ofertar de um produto diferenciado como estratégia ao mercado comum que atende a lei da “oferta e procura” é um caminho que pode ser aproveitado pela pecuária de corte. Quando isto ocorre, o produtor recebe remunerações superiores de preço e o mercado está disposto a pagar, pois na outra ponta existe um comprador havido esperando o produto chegar até ele.

3.3 A importância da pecuária para o Rio Grande do Sul

A bovinocultura de corte é considerada a primeira atividade de importância econômica para o Estado do Rio Grande do Sul. Está presente em todas as regiões

do Estado, possui diversos tipos de sistemas de produção e uma realidade complexa. Soma-se a esse contexto, a busca pelo aumento da produtividade e a estagnação incontestável da atividade (SEVERO; MIGUEL, 2006).

A atividade de pecuária no RS, está vinculada a uma tradição cultural e grande importância econômica para o Estado. Praticada há cerca de 300 anos, a bovinocultura gaúcha vem passando por diversas crises e transformações, acentuando-se a carência de dados empíricos, e de instrumental metodológico validado cientificamente que auxiliem no conhecimento de seus diversos tipos de sistemas de produção, e, na promoção de seu desenvolvimento sustentável (SEVERO; MIGUEL, 2006).

O Estado do RS possui duas distintas regiões quanto ao seu desenvolvimento econômico: “Metade Norte e Metade Sul”. Por suas características históricas associadas às questões ambientais, sociais e econômicas a metade sul tem sua diferença evidente em relação à metade norte do estado, e tem na produção pecuária extensiva grande importância econômica, social e cultural. Metade norte do estado é considerada desenvolvida por apresentar um forte setor industrial, articulado a uma agricultura “modernizada” por caracterizar-se pela incorporação dos insumos químicos, mecânicos e biológicos difundidos pela “Revolução Verde”.

Já, a metade sul aparece como região de pecuária extensiva, marcada por proprietários com grandes extensões de terra, cada vez mais interessados em arrendar suas áreas para os granjeiros, e mais recentemente para as empresas do ramo da celulose - que vem do norte em busca de áreas férteis, planas e baixo custo, em contraste com a metade norte, onde os minifúndios e agricultura familiar são predominantes (MISOCZKY et. al., 2008 apud MATEI e FILIPPI, 2012)

. A metade sul está inserida no Bioma Pampa que integra grande parte do território do RS (62,2% do território), parte da Argentina e todo o território do Uruguai (BOLDRINI et al., 2010). Estas áreas passaram a sofrer mudanças desde a época da colonização, especialmente com as demarcações de fronteiras, com a introdução da pecuária e o estabelecimento da estrutura fundiária de médias e grandes propriedades. O Pampa apresenta um papel significativo na conservação da biodiversidade, pois apresenta riqueza de flora e fauna ainda pouco pesquisadas. Segundo Boldrini et al. (2010) existem mais de 2.200 espécies campestres, constituindo um patrimônio genético notável até então negligenciado.

3.4 A situação da pecuária no Rio Grande do Sul

Até da década de 60, a Metade Sul era basicamente pecuarista. A partir desse período se deu a introdução da soja no norte do Estado, cuja expansão se deu para o Sul, e o Pampa gaúcho incorporou as atividades ligadas à agricultura, essencialmente, monoculturas de trigo e soja (VERDUM, 2006). Isso se deu, quando o Estado fundou o sistema nacional de crédito rural, e passou a financiar os produtores para que os mesmos pudessem modernizar a base técnico-produtiva de suas propriedades. Entretanto, conforme Fontoura (2000), grande parte dos estancieiros gaúchos não dominava os instrumentos de crédito, tinham receio de investir na agricultura, desconheciam técnicas de melhoramento dos rebanhos e das pastagens.

Como consequência, vários produtores tradicionais que tomaram dinheiro através do crédito, não conseguiram cumprir suas obrigações com o sistema financeiro, perdendo parte ou em alguns casos todo o patrimônio (terras). Por outro lado, os pecuaristas que mantiveram o estabelecimento, conseguiram ampliar e diversificar a base produtiva (SEVERO; MIGUEL, 2006).

A diversificação mais comum de atividades nos estabelecimentos de pecuária tradicional foi o arrendamento das terras baixas (ou de várzea) para a produção de arroz irrigado. Dessa forma, por um período, o pecuarista conseguiu complementar sua renda. (FONTOURA, 2000). Ao analisar os fatores que estavam relacionados com a baixa renda da pecuária, Alonso et al. (1994) apontam, como limitante para a busca por inovações técnicas, o aumento de lotação das pastagens nativas e a utilização das reservas naturais de recursos hídricos, o que demonstra os primeiros sinais de esgotamento do novo sistema de produção. Como consequência, houve elevação do valor da terra destinada a pecuária extensiva, o que passou a demandar para a expansão e manutenção da atividade pecuária na Região Sul, de novas tecnologias poupadoras de terra.

De acordo com Severo e Miguel (2006), a partir desse momento a integração lavoura pecuária surge como uma tecnologia que possibilita contemplar a adoção de outro modo de produção baseado no uso relativamente intenso de bens de capital. A integração lavoura-pecuária aumenta a eficiência de todos os recursos utilizados na produção e, por conseguinte, amplia a margem de lucro do produtor.

A partir da adoção desse novo modelo dá-se início a uma nova era pecuária no Rio Grande do Sul. (FONTOURA, 2000) distingue dois tipos de pecuária: a pecuária tradicional (baseada na pecuária de ciclo longo) e a pecuária empresarial (baseada na pecuária de ciclo curto), distintas, conforme o autor, pela diferença nos tempos de produção e a racionalidade dos negócios.

A pecuária tradicional, gera uma produção de bovinos de corte com baixa sustentabilidade econômica, e o tempo passa a ser um fator determinante, pois existe a possibilidade de que parte dos pecuaristas produzam em menos tempo que outros.

A introdução de tecnologia pela pecuária empresarial resultou na intensificação da produção com investimento de capitais, e, por conseguinte, o retorno deste capital investido, para novamente ser reinvestido na produção. O tempo de retorno do capital investido no setor primário é superior que o tempo médio de retorno em outros setores produtivos, dificultando investimentos neste setor (SEVERO; MIGUEL, 2006).

De acordo com Delgado (1985) apud Fontoura (2000), a pecuária viveu o auge no final dos anos 70, com o Estado disponibilizando recursos financeiros, uma política de comércio exterior e uma articulação com a indústria. Assim a pecuária empresarial se desenvolveu, enquanto o pecuarista tradicional garantia sua renda com o arrendamento, e expansão da lavoura de arroz. Se esta situação garantiu a sobrevivência desta atividade nos anos oitenta. Em contrapartida, ela não incitou os pecuaristas tradicionais e que possuíam as maiores áreas, em investir em tecnologia e na modernização do processo produtivo. Esta situação propiciou a manutenção de bolsões de pecuária tradicional que hoje mesmo com a concorrência da pecuária empresarial, ainda persistem em menor escala no Estado do RS.

Atualmente, a melhoria da base técnica da atividade pecuária gaúcha ocorre de outra forma, através da busca pela qualidade, da qualificação e participação da mão-de-obra e da competitividade, ou seja, a disputa por mercados específicos e internacionais que remuneram de forma diferenciada (SEVERO; MIGUEL, 2006).

Apesar do surgimento dessa pecuária chamada empresarial, diversos trabalhos apontam a persistência de uma baixa produtividade e rentabilidade da atividade quando comparada a agricultura moderna. Paralelamente o aumento da demanda por alimentos e o fim de novas áreas agricultáveis em outras regiões do

estado, fez com que aumentasse a procura por áreas nessa região até então destinadas apenas a pecuária (RODRIGUES, 1989).

A cada safra que passa, a agricultura, principalmente a soja ganha mais força nos campos sulinos do RS. Impulsionada a partir de 2012, com preços que chegaram a patamares históricos, o grão muda a paisagem do RS. Prova disto é o crescimento exponencial da área plantada no Estado. Nas últimas cinco safras, o aumento registrado de área, conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014), é de 18,3%. Dos 3,97 milhões de hectares registrados no período 2009/2010, a cultura deve ocupar, nesta safra, de acordo com o último levantamento do órgão do governo federal, 4,86 milhões de hectares. Com isso, da área total de grãos prevista em 8,33 milhões de hectares, a soja é responsável por 58,3% da ocupação total de terras no Estado.

Este avanço se dá especialmente na metade sul gaúcha em regiões como a Fronteira-Oeste e a Campanha. Áreas de arroz e de pecuária foram substituídas pela oleaginosa principalmente nos últimos dois anos, após a explosão dos preços causada pela quebra de safra tanto na América do Sul quanto nos Estados Unidos – nos dois casos devido às estiagens severas. Na década de 1980, produtores já se aventuraram com o plantio do grão na região, mas não tiveram sucesso pela falta de tecnologias na época. Hoje com o avanço da pesquisa com novas tecnologias de produção que garantem maior sustentabilidade de produção e com os preços firmes no mercado internacional, torna a cultura uma forte candidata a tomar os campos da região sul (TIPA JUNIOR, 2014).

A diversificação da soja com pastagens, é fundamental para garantir sustentabilidade para a pecuária, pois a metade sul do RS sofre frequentemente com estiagens, que no caso da pecuária, traria estabilidade por ocorrer em um período menos favorável a falta de chuvas. Mas a preocupação com a pecuária no momento é outra, a de preservar espaços para a produção, sem perder produtividade. Empurrada para áreas secundárias, a pecuária passou a ocupar as áreas menos privilegiadas, deixando as áreas melhores para a produção de grãos (BARCELLOS et al., 2004).

3.5 Integração Lavoura Pecuária

O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), com a alternância temporária (rotação) do cultivo de grãos com o pastejo de animais em pastagens de gramíneas e/ou leguminosas, pode ser utilizado de distintas maneiras, dependendo de interesses individuais (MORAES et al., 1998).

A ILP proporciona, também, melhora nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, por meio da pastagem na área de lavoura. Esse fato se deve em função das mesmas deixarem quantidades apreciáveis de palha sobre o solo e de raízes no perfil do solo (MAPA, 2007). Isso tende a aumentar a matéria orgânica, que é fundamental na melhoria da estrutura física do solo. Além disso, o resíduo vegetal deixado sobre o solo é importante para a utilização do sistema plantio direto (SPD), que tem como fundamentos básicos o não revolvimento do solo, cobertura permanente do solo com plantas ou seus resíduos e a rotação de culturas (TEIXEIRA; CAMPELO, 2000).

Segundo MORAES et al.(2002), o principal entrave para a adoção do sistema integrado de produção lavoura-pecuária seria uma possível compactação do solo provocada pelo pisoteio dos animais em pastejo. Conforme esses autores, o estudo do efeito da entrada de animais em áreas agrícolas e sua ação compactadora, na opinião dos produtores, deveriam ser priorizados pela pesquisa, em função da hipótese de haver comprometimento do rendimento de grãos nessas áreas, no sistema de semeadura direta.

Nesse sentido, TREIN et al. (1991), após aplicarem alta lotação em curto espaço de tempo (200 novilhas/ha por 36 horas), num Argissolo Vermelho cultivado com aveia e trevo, observaram aumento na densidade e resistência do solo ao penetrômetro, com conseqüente diminuição da macroporosidade e infiltração de água no solo, somente na camada superficial (0-7,5cm), sem alterações nas camadas subsuperficiais.

BERTOL et al. (1998), em pastagem natural do RS, observou significativa diminuição da infiltração de água no solo e tendências de aumento da densidade e diminuição da porosidade somente em baixas ofertas de forragem (4,0 e 8,0% do peso vivo dos animais), não havendo efeito em ofertas de forragem mais altas (12,0 e 16,0% do peso vivo).

BOENI et al. (1995), também avaliaram a camada 0-10cm de um solo Franco-Siltoso em área de pastagem de aveia e azevém com carga animal moderada, não encontrando efeito do pisoteio animal em pastejo contínuo de junho a outubro. Para a cultura em sucessão ao pastejo, o processo de compactação pode dificultar o desenvolvimento inicial e acarretar prejuízos nos rendimentos de grãos.

Segundo Vieira (1985), o aumento da densidade, da microporosidade do solo e a redução da porosidade total e da macroporosidade, promovem alterações nas relações de ar, água e temperatura do solo, afetando negativamente a germinação, emergência, crescimento e produção das plantas, dificultando assim, o estabelecimento da cultura e como consequência, podendo ocasionar a diminuição do rendimento.

Porém, Rambo et al. (2003), dizem que a plasticidade fenotípica apresentada pela soja é uma característica que faz com que haja inexistência de resposta diferenciada para rendimento de grãos à variação da população da soja. A população é um fator determinante para o arranjo das plantas no ambiente de produção e influencia o crescimento da soja. Dessa forma, a melhor população de plantas deve possibilitar além de alta produtividade agrícola, altura de planta e de inserção de primeira vagem adequada à colheita mecanizada e plantas que não acamem.

A faixa populacional recomendada oficialmente para o Brasil, desde os anos 80, é de 300.000 a 400.000 plantas de soja por hectare (BERBET; HAMAWAKI, 2008). Na soja, se tem tolerância à uma ampla variação na população de plantas, alterando-se mais sua morfologia que o rendimento de grãos (BARNI et al., 1985; GAUDÊNCIO et al., 1990).

Marques (1981), testando três populações de plantas (25, 35 e 45 plantas.m²), três espaçamentos entre linhas e quatro níveis de irrigação, obteve efeito significativo do fator população sobre o rendimento de grãos por área e número de legumes por planta, justificando tal resultado pela variação ocorrida no rendimento por planta e número final de plantas nas populações empregadas.

O número de ramificações por planta da soja e seu desenvolvimento está correlacionado com a competição intraespecífica por fatores do meio como: água, luz e nutrientes (THOMAS et al., 1998). Assim, as plantas com excesso de população tornam-se maiores (em estatura), com entrenós mais longos e finos (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005), porém, se a população resultar em poucas plantas

por metro, os cultivares poderão crescer com menos altura e ramificar mais (BERBET; HAMAWAKI, 2008).

Segundo Pires et al. (1998), a redução na competição ocorre, principalmente, por luz, mas também permite melhor aproveitamento de água, interceptação mais rápida da radiação e maior exploração do solo pelas raízes. O arranjo de plantas com menor espaçamento e população de plantas proporciona menor competição intraespecífica, resultando em maior rendimento de grãos, ocasionado pelo maior número de legumes férteis/m² associado ao maior peso do grão (RAMBO et al., 2003).

Dessa forma, a soja pode compensar a variação no seu estande inicial por meio de ramificações laterais, não interferindo no rendimento de grãos. Porém, cabe ressaltar que, quando a carga animal é manejada adequadamente, as alterações nos atributos físicos são pequenas e não causam qualquer dano à cultura em sucessão a pastagem (CASSOL, 2003; FLORES, 2008).

O potencial compactador do pisoteio animal se deve a pressão que esses exercem sobre o solo e ainda, pode ser agravado em áreas que o deslocamento para a captura de forragem tenha que ser maior (LIMA, 2004). Willatt e Pullar (1983), apud Flores (2008) afirmam que a elevada pressão exercida pelos animais sobre o solo se deve ao fato de o seu peso se concentrar em uma pequena área – a do casco.

A magnitude dos efeitos decorrentes da presença animal, em áreas de ILP, é resultante das condições de manejo do sistema. O manejo ideal deve visar o sincronismo entre o crescimento da forrageira, ou seja, a oferta de alimento, e o consumo de forragem pelos animais (LANZANOVA et al., 2007).

Esses resultados ratificam a idéia de que a pecuária em sistema integrado com a produção de grãos é uma alternativa bastante plausível do ponto de vista da otimização do uso da terra, desde que a utilização das pastagens ocorra de forma adequada ao sistema como um todo.

3.6 Pecuária de Precisão – como as ferramentas podem auxiliar na melhoria da oferta forrageira em um sistema de integração-lavoura-pecuária.

De acordo com Hacker et al. (2008), a pecuária de precisão (PP) permite manejar os recursos forrageiros de tal forma a compatibilizar o suprimento de forragem com a demanda dos animais. Esse objetivo não é uma novidade, a novidade estaria na possibilidade de se poder atingi-lo pelo gerenciamento do sistema a partir de telemetria. Para isso, a proposta da PP está no monitoramento individual e remoto dos animais e das pastagens, o que a tecnologia recente está cada vez mais nos oferecendo.

A PP, pela integração das novas tecnologias com o conhecimento do comportamento animal, pode reduzir impactos ambientais negativos como o sobrepastejo (LACA, 2009a). Páscoa & Costa, (2007) demonstram como aplicar o Sistema de Informação Geográfica (SIG) na interpretação dos padrões de uso de sítios dentro de uma pastagem. De fato, as aplicações dessas tecnologias são potencialmente imensas, inclusive podendo contribuir para a rastreabilidade dos produtos, uma vez que oferece registros quanto a origem dos produtos e o seu meio de produção (LACA, 2009a).

Dentre exemplos da aplicação dos conceitos de PP em sistemas de produção estão os cochos, comedouros e aguadas com controle remoto que visam interferir na distribuição espacial do pastejo. Informações sobre a posição dos animais são obtidas por *Global Positioning System* (GPS) e a oferta diferencial de água e nutrientes são capazes de manipular a distribuição espacial dos animais (BAILEY, 2005).

Também já existem balanças automáticas sendo utilizadas em locais estratégicos, onde os animais são obrigados a passar para terem acesso a, por exemplo, aguadas, e que registram sua identidade, peso e temperatura. Essas informações são interpretadas e mangueiras eletrônicas separam automaticamente aqueles animais que demonstrem alterações suspeitas de tais parâmetros, para posterior tratamento, e enviam por telemetria todas as informações ou as tornam acessíveis pela internet (HACKER et al., 2008).

Com essa gama de informações, podemos selecionar, por exemplo, animais mais fracos que podem ser separados automaticamente para poteiros com acesso

a suplementação ou animais que já tenham atingido o peso ideal para o abate. Outras tecnologias mais complexas, como, as cercas virtuais baseadas em tecnologia GPS e WiFi, procuram controlar o movimento dos animais de acordo com o interesse maior ou menor de ocupação de certas zonas na pastagem (BISHOP-HURLEY et al., 2007).

Os sistemas mais recentes usam frequências de rádio emitidas do GPS para gerar as fronteiras virtuais (ANDERSON, 2007). Pedômetros e *transponders* estão sendo testados para inferir sobre o estado sanitário e a ocorrência de estres nos animais (BREHME et al., 2008). Por fim, a tecnologia dispõe inúmeras ferramentas de controle dos animais. Desta forma, o monitoramento do comportamento dos animais em pastejo, seja individual ou do rebanho é princípio do processo.

Esse princípio já é utilizado pela agricultura de precisão, quando pretende-se monitorar e caracterizar a heterogeneidade local de uma determinada área, e buscar sua homogeneização por meio da distribuição da taxa variável de insumos no espaço pré-determinado.

Provavelmente esses conceitos oriundos da agricultura, quando aplicados na pecuária, não se repetam com a mesma exatidão, pois existe uma enorme biodiversidade envolvida, e a heterogeneidade ao contrário da lavoura é um item desejado, quando pensamos na sustentabilidade do sistema pecuário.

Historicamente a ação do homem na intenção por “controlar” o pastejo desde a idade da pedra, fez com que os herbívoros domesticados se alimentem daquilo que o homem determina, ao contrário da livre escolha dos animais.

Segundo Carvalho et al., 2009, não está sendo levado em consideração o longo processo de evolução entre as plantas e os animais, ignorando a sabedoria do animal na escolha pelo seu alimento. Essa situação é facilmente encontrada na substituição de uma pastagem natural composta por inúmeras espécies, por uma pastagem cultivada com uma espécie homogênea, levando quase a ausência da diversidade botânica. Segundo Laca (2008), o manejo de pastagens tradicional se baseia em conceitos de equilíbrio, de capacidade de carga anual e homogeneidade espacial. Neste sentido, a PP nos traria novas ferramentas para auxiliar no uso dos recursos forrageiros e também poderia nos auxiliar a compreender e monitorar padrões comportamentais dos animais e interações com a vegetação, integrando a heterogeneidade Laca (2009b).

Portanto, o PP poderá dar suporte a práticas de manejo de pastagem orientadas para a redução espaço-temporal da heterogeneidade dos recursos forrageiros, através das ferramentas sítio-específicas que otimizando as zonas de produção e reduzindo impacto ambiental negativo em áreas heterogêneas.

3.6.1 Intervenções sítio-específica em sistemas de produção animal

As oportunidades para a intervenção sítio-específica em pastagens dependem do grau de intensificação existente no sistema de produção. Geralmente, a intensificação da produção animal resume-se na simplificação da variabilidade do ambiente e na própria expressão do comportamento animal. Um exemplo típico de intensificação são os sistemas que utilizam o confinamento, suprimindo a necessidade de busca e apreensão da forragem na pastagem. Nesse tipo de sistema, onde o alimento é coletado e oferecido em cochos, em quantidades pré-determinadas, adequadas aos requerimentos fisiológicos dos animais, a possibilidade de intervenção sítio-específica se divide em dois componentes distintos. (BERNARDI e PEREZ, 2014)

O primeiro, relativo à produção de alimentos, incorpora os procedimentos de AP normalmente utilizados nos sistemas de produção de grãos. E o segundo, dentro do sistema de produção animal propriamente dito, permite ofertar em tempo real, uma alimentação ajustada quanto à composição e quantidade, de forma individual e automática, para cada animal do rebanho (POMAR et al., 2011).

Por outro lado, sistemas de produção animal baseados no uso de pastagens incorporam outros tipos de interação, desafiando os animais a superar restrições ambientais de difícil controle. Restrição à sombra e à água para dessedentação, relevo declivoso, são fatores que se somam às observações de Serrano et al. (2013) sobre os efeitos da variação espacial da profundidade e umidade do solo na produção de forragem. Nessas circunstâncias, a heterogeneidade espacial e temporal se ampliam, dificultando a aferição do resultado econômicos de práticas de manejo sítio-específicas e, por conseguinte, sua adoção (BERNARDI e PEREZ, 2014).

Estudos efetuados com herbívoros domésticos, tem evidenciado a capacidade dos animais reconhecerem e memorizarem as zonas com maior oferta de alimento (EDWARDS et al., 1996; BAILEY, 2005). Isso faz com que os animais gastem um tempo maior de pastejo nos sítios com maior oferta, extraindo mais nutrientes do que é ofertado em média em uma pastagem, explorando o ambiente de acordo com a variabilidade existente. Mesmo quando pastejam parados um mesmo local, os herbívoros também conseguem imprimir uma desfolha seletiva nas plantas, colhendo as partes mais nutritivas da forragem disponível, obtendo assim uma dieta de melhor qualidade (LACA et al., 1992). Diante disso, o conhecimento, monitoramento e gerenciamento dessas relações constituem um campo importante para a pesquisa em AP em pastagens, sobretudo quando se considera a amplitude de ambientes e sistemas de produção à base de pasto presentes no Brasil.

3.6.2 Estimativas da produção de forragem

Existem inúmeras formas de mensurar a quantidade de massa de forragem existente em uma pastagem. A grande maioria dos métodos diretos, não são práticos de serem adotados pelos pecuaristas, pois demandam muito tempo e mão de obra. Mesmo assim, o método padrão para estimativa da massa de forragem, baseado no corte da forragem contida numa determinada área, é utilizado para pesquisa, pois consegue determinar com precisão os valores contidos naquela área. Os métodos indiretos de mensuração através de equipamentos manuais ou eletrônicos, além de facilitar a mensuração de massa de forragem, proporcionam confiabilidade nos valores mensurados. Foram desenvolvidos e testados vários métodos indiretos de amostragem, desde os mais simples até métodos eletrônicos mais sofisticados (SERRANO et al., 2009). Dentre esses métodos indiretos de avaliação de massa de forragem o disco medidor de forragem e o bastão graduado, são os mais comumente utilizados.

3.6.3 Sensores de solo

A necessidade de caracterização espacial de fatores de planta e de solo tem levado ao surgimento de uma série de propostas e sistemas de sensoriamento e monitoramento. Nesse sentido a medida indireta das propriedades do solo, tem demonstrado grandes avanços através de sistemas ópticos, eletromagnéticos, eletroquímicos, mecânicos, fluxo de ar e acústicos (ADAMCHUK et al., 2004). Dentre estes a condutividade elétrica do solo (CE) tem tido destaque, por apresentar um grande espectro de aplicações, quando utilizada como um indicador no monitoramento de características do solo, como: salinidade, textura e estratificação, umidade, densidade, matéria orgânica e derivados, CTC, entre outras (MOLIN & RABELLO, 2011).

As principais linhas de estudo referentes aos fatores que influenciam na CE estão concentradas em propriedades como salinidade, teor de água, textura e algumas propriedades químicas de interesse agrícola, como a CTC. Isso é devido a uma boa correlação existente na distribuição destes fatores no solo com o mapeamento da condutividade elétrica (RHOADES, 1993; MOLIN et al., 2005; MACHADO et al., 2006; MOLIN & CASTRO, 2008). Em um estudo em escala que contemplou vários estados do meio oeste americano, SUDDUTH et al. (2005) avaliaram as relações entre a CE medida por indução e por contato, e suas relações com fatores do solo, observando boas correlações entre as duas formas de medição e da CE com textura e CTC dos solos. Já o sistema por contato direto utiliza discos de corte com eletrodos de fluxo de corrente elétrica. O equipamento comercial Veris® (Veris Thecnologies, Salina, KS, EUA) é o mais comunmente conhecido e utilizado para medida através de eletrodos. (SUDDUTH et al. 2005) compararam as duas tecnologias e concluíram que elas apresentam resultados semelhantes.

O equipamento tipo Veris, são mais indicados para áreas de plantio convencional ou plantio direto com cobertura de solo intermediária sensores de contato direto com o solo, que utilizam disco com eletrodos, são mais utilizados em solos preparados para o plantio ou mesmo aqueles com alguma cobertura vegetal. No entanto, o sensor tem que romper a cobertura vegetal e penetrar fisicamente no solo da pastagem, o que, dependendo da espécie forrageira e da quantidade de biomassa acumulada pode ser difícil. Como a resposta do sensor é influenciada pela

cobertura do solo, é preciso ter atenção redobrada na calibragem dos dados a partir desses sistemas de contato. Há trabalhos relatando as medidas de CE em pastagens demonstraram relações com as espécies de forrageiras, características do solo e produtividade das pastagens (GURETZKY et al., 2004).

A compactação do solo é comumente causada pelo tráfego de máquinas e pelo pisoteio de animais em áreas de pastejo, afetando as propriedades físicas, químicas e biológicas, com redução severa da macroporosidade, aumento da densidade do solo e redução da infiltração de água. Por isso, os sensores de compactação (GARDNER; HOWARD, 2009) também podem ser muito úteis em sistemas de pastagens.

Existem ainda outros tipos de sensores como radar de penetração no solo (ground penetrating radar - GPR) e espectrometria de raio gama (gamma ray spectrometry – GRS) que podem ser utilizados através da vegetação de cobertura do solo (DOOLITTLE; COLLINS, 1998). Dados de GPR foram correlacionados com parâmetros de hidrologia do solo, e os de GRS relacionou-se com alguns nutrientes do solo e de outras características de textura do solo (TROTTER et al., 2010b). Sensores com base em reflectância óptica (BRICKLEMYER; BROWN, 2010), e também sensores multi-espectrais e hiperespectrais (REEVES III, 2010), também apresentam boa correlação com propriedades do solo.

3.6.4 Sensores de plantas

VIVCKERY et al., 1980, já haviam citado o sensoriamento remoto como uma ferramenta muito importante no monitoramento do índice da vegetação. Segundo HILL et al., 2004, existem produtos comerciais de sensoriamento remoto desenvolvidos especialmente para serem utilizados em pastagens, que fornecem através de leitura, uma estimativa de disponibilidade de forragem e da taxa de crescimento do pasto.

Outras formas de coletar informações do estado atual das plantas, são as imagens multiespectrais e hiperespectrais, que já tem larga escala de uso em culturas agrícolas anuais (HABOUDANE et al., 2004). Mas ainda essa ferramenta tem sido pouco utilizada em função do alto custo. Os veículos aéreos não tripulados

– VANT, podem ser uma alternativa rápida e econômica, onde podem ser acoplados câmaras de diversas capacidades resolutivas (TROTTER et al., 2010a).

MOGES et al., 2004; NUMATA et al., 2007, mostram que os índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto são utilizados para estimar a biomassa de culturas e pastagens, com capacidade de captar as mudanças ocorridas no pasto, contribuindo para estimativa de parâmetros biofísicos. O índice de diferença de vegetação normalizado, comumente conhecido como - NDVI, é muito utilizado em vegetações agrícolas e pecuárias, por ser uma ferramenta rápida e eficiente de detecção de variações na vegetação (ROUSE et al., 1973), e tem seu uso para detectar sanidade, biomassa e o teor de nutrientes das plantas (MOCHHEIM; BARBER, 1998).

3.6.5 Pastejo de precisão (PP)

O pastejo é um processo complexo que o animal realiza na busca pelo alimento de seu maior interesse. O tempo que o animal necessita para realizar a busca deste alimento, realizar o ato do corte e a maceração desta forragem, é imprescindível para o entendimento deste processo. O pastoreio ou PP, não é apenas realizar o monitoramento dos bocados realizados pelo animal, mas também dispor esses bocados no tempo e no espaço, sendo uma tarefa complexa e de difícil aferição. (CARVALHO et al. 2009)

Nos sistemas de produção controlamos o pastejo essencialmente pela manipulação da taxa de lotação, do tipo de animal, do método de pastoreio, e da alocação na pastagem, tais como: aguadas, saleiros, dentre outros. Segundo Carvalho et al. (2009), é provável que o pastejo com lotação rotativa seja a forma de manejo onde mais lógica para alcançar o controle do bocado, pois define-se com razoável precisão onde e quando os bocados serão desferidos. Mas ainda existe mudanças durante o processo dos bocados, pois eles podem mudar no tempo e no espaço essencialmente pela decisão tomada pelo animal em relação à vegetação a qual ele está inserido.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Embrapa Pecuária Sul, no município de Bagé - RS, no ano agrícola de 2012/13 (Figura 1), em uma área de 13,67 ha submetida a um sistema de integração lavoura-pecuária de longa duração (5 anos), envolvendo a sucessão de cultivos de soja e de pastagem de azevém, a qual é formada anualmente por sobre sementeira natural do azevém (Figura 01). A área é localizada entre as coordenadas geográficas (WGS 84), 31°19'09" S e 53°59'36" O.

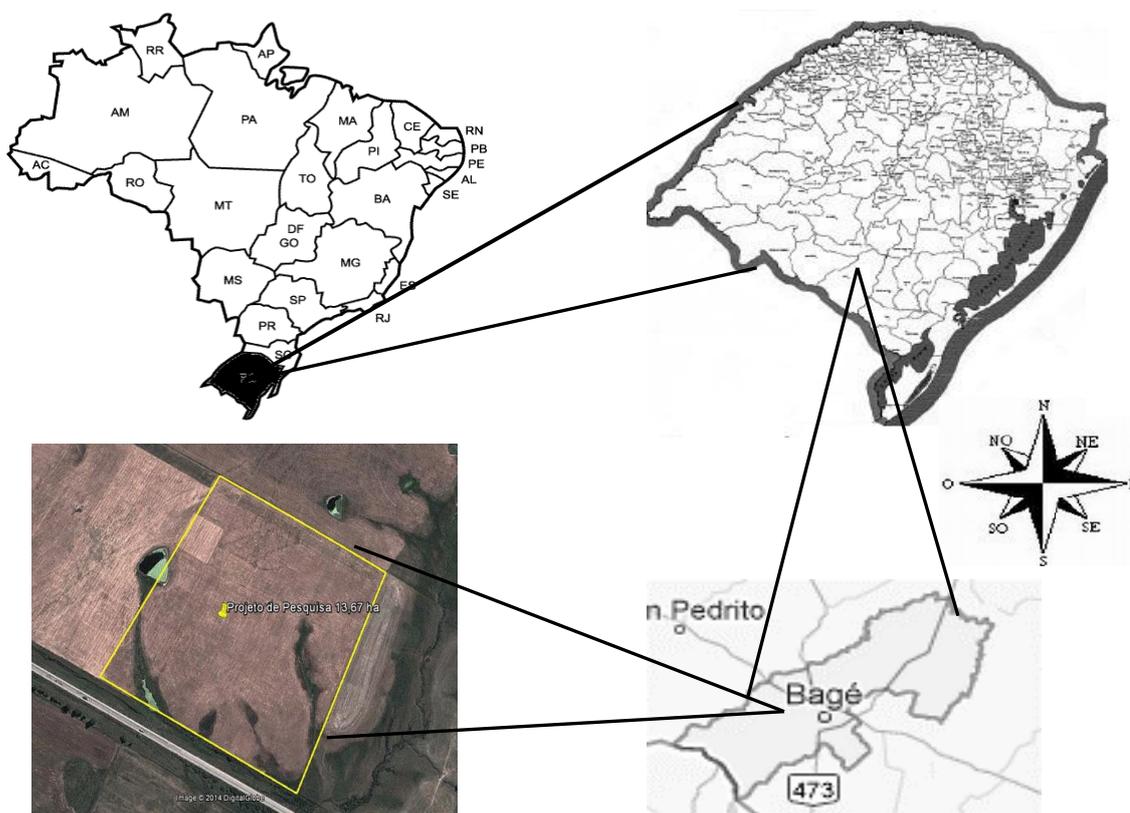


Figura 1 – Detalhe da localização da área experimental, Bagé - RS, 2014.

O solo da área do estudo é classificado como um Luvissole Háplico Órtico (EMBRAPA, 2006) com uma altitude média de 200 m. O clima da região é classificado como subtropical pouco úmido, com inverno frio e verão fresco. A temperatura média anual varia entre 17-20°C, e precipitação anual média de

oscilando entre 1200 mm a 1500 mm (ROSSATO, 2011). As variáveis climáticas durante a condução do estudo são descritas na figura 2.

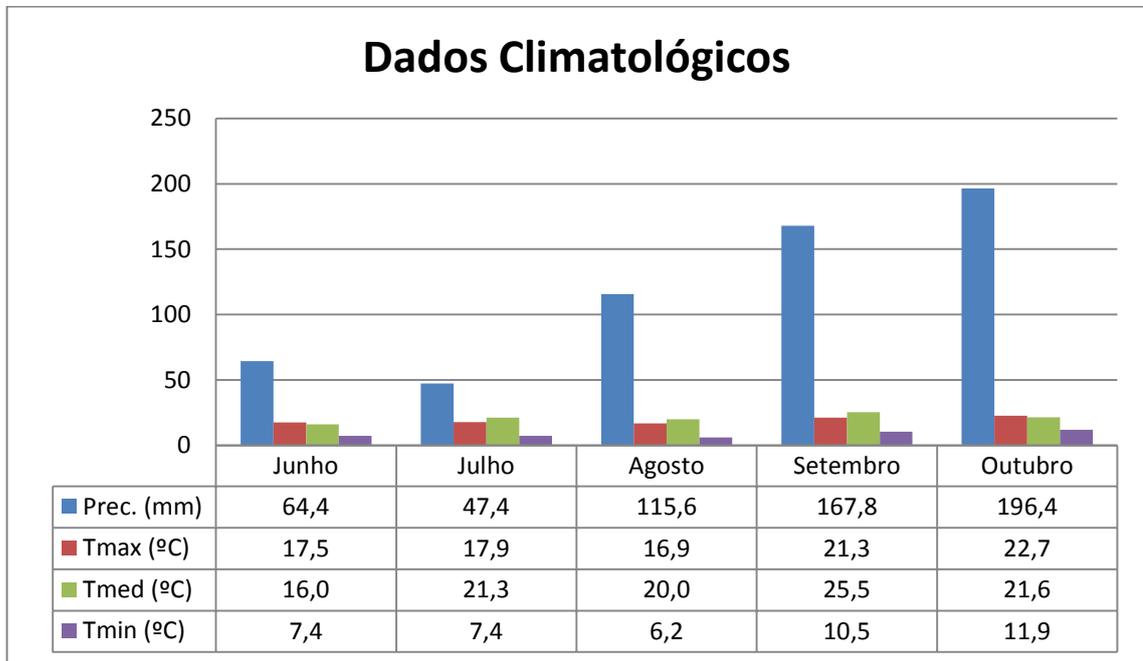


Figura 2 – Variáveis climáticas na área durante a condução do experimento, Bagé - RS, 2013.

O trabalho teve início na semeadura da soja, com a cultivar BMX Potência, realizada no dia 09/12/2012 com uma semeadora de plantio direto da marca Semeato, modelo PAR 2800. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 45 cm e a densidade de semeadura foi de 14 sementes/metro linear, o que equivale a aproximadamente a 310.000 sementes/ha. A adubação de base utilizada foi da fórmula NPK 2-30-15 na faixa de 370 kg/ha a taxa fixa. Os demais tratamentos culturais, foram realizados conforme a REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 2012. Entre os dias 02 e 05/06/2013, foi realizada a colheita com a coleta dos dados de produtividade da cultura da soja (Figura 3).

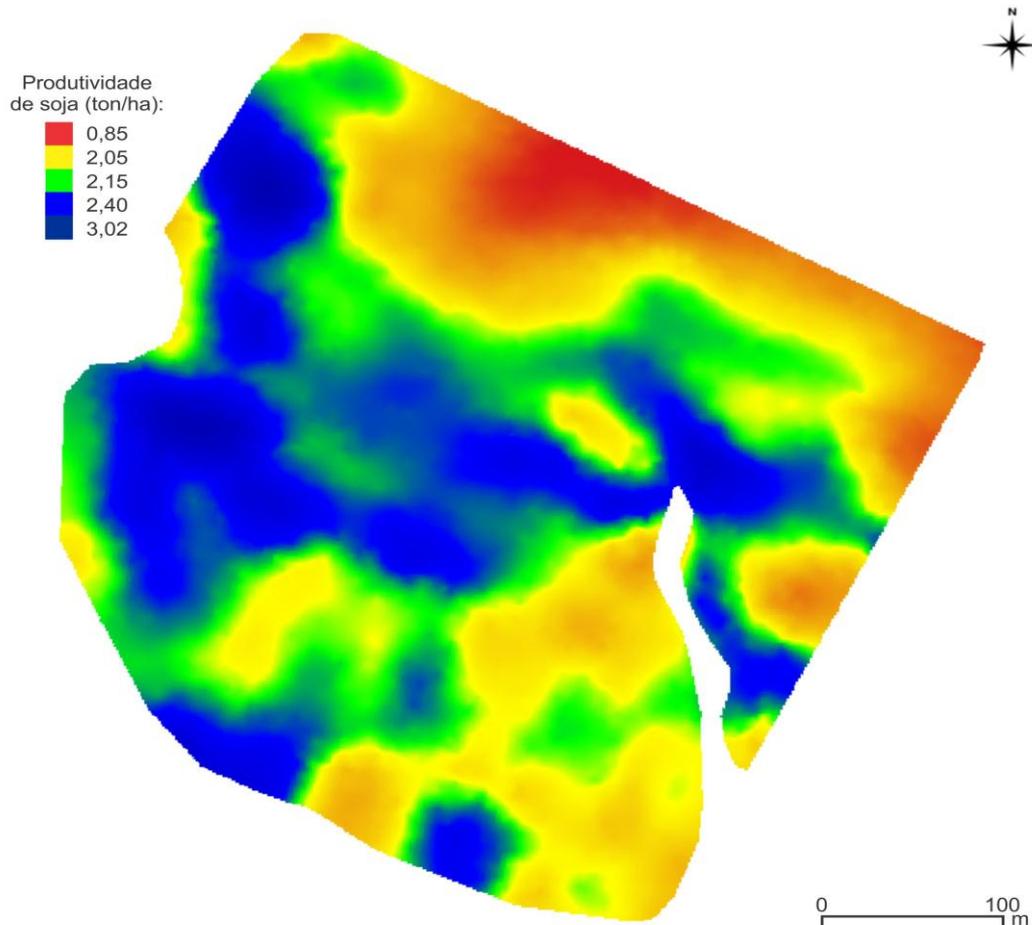


Figura 3 – Mapa de produtividade de soja obtido na área na safra 2013.

O monitoramento da produtividade (Figura 3) foi obtido com auxílio do monitor de colheita da marca Stara, modelo Topper 4500 instalado em uma colheitadeira SLC 6300 equipada com uma plataforma flexível de 13 pés com 3,90 entre passadas. Os pontos de leituras do sensor, foram coletados a cada 20 metros em média, conforme a velocidade de deslocamento da colhedora. Na sequência, os dados foram gerados no monitor, e interpretados pelo *software* Topper Maps (Stara).

No dia 28/06/2013 foi realizado a mensuração da condutividade elétrica do solo (CE). As avaliações foram realizadas com o equipamento Veris modelo 3100 (Figura 4) e as medidas de posição foram efetuadas com o GPS Trimble AG114, com correção diferencial via satélite, com passadas do equipamento a cada 7,5 metros de distância. Anteriormente nesta mesma área, foi realizada a primeira avaliação da CE no dia 30/06/2010, com um espaçamento entre as passadas das linhas de 25 metros. Em ambas avaliações o solo encontrava-se coberto pela pastagem de azevém.



Figura 4 – Detalhe do equipamento VERIS 3100 da Stara usado no experimento, Bagé, RS, 2013.

A partir dos dados de produtividade da cultura da soja a área do estudo foi subdividida em três zonas de manejo conforme apresentado na figura 4. A zona de alta produtividade, representada pela linha azul possui 1,67 ha, correspondendo por 12,2% da área total. A zona de baixa produtividade, representada pela linha vermelha possui 2,34 ha, correspondendo por 17,2 % da área total. E a zona de média produtividade, representada pelo restante da área, possui 9,66 ha, correspondendo por 70,6 % da área total.

Em cada zona de manejo, no dia 09/09/2013, foram coletadas 8 amostras de solo das camadas de 0,00 - 0,10 e 0,10 - 0,20 m com o auxílio de um trado calador tipo holandês, coletando-se o número de 8 sub amostras para compor cada amostra. De acordo com (Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC, 2004) as sub amostras foram coletas em um raio de 3 metros ao redor do ponto georeferenciado dentro de cada zona, totalizando 48 amostras compostas das três subáreas (Figura 05).

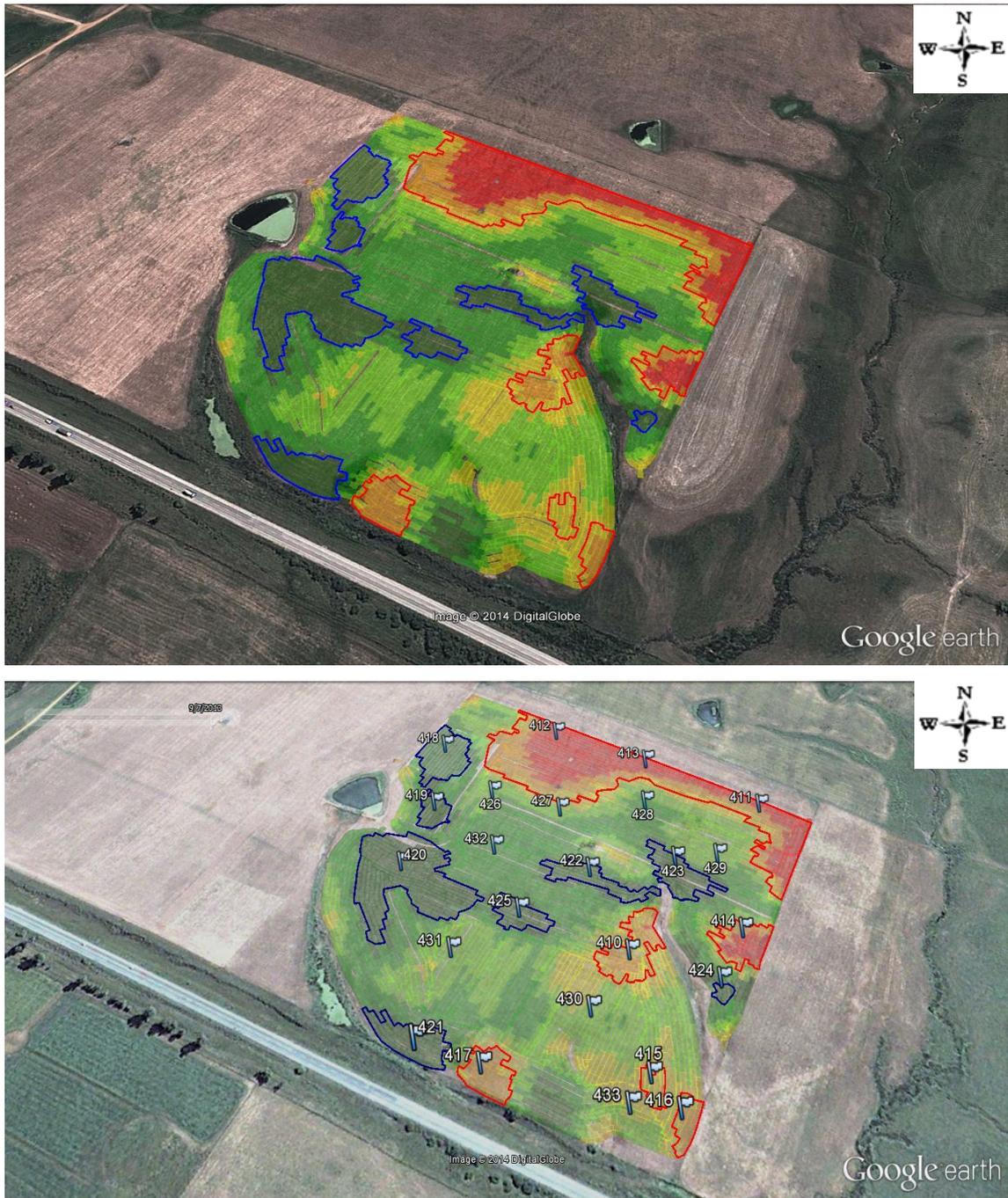


Figura 5 – Zonas de manejo delimitadas a partir do mapa de produtividade de soja (Alta produtividade, representada pela linha azul; Baixa produtividade, representada pela linha vermelha e Média produtividade, representada pelo restante da área)

Visando avaliar a qualidade física do solo foi realizado no dia 07/10/2013 a avaliação de resistência à penetração, a mensuração foi realizada em 120 pontos georeferenciados e distribuídos em duas linhas transectas, que abrangeram a variabilidade das diferentes zonas, conforme a figura 6. A avaliação foi realizada por

um penetrômetro digital (Penetrolog) da marca Falker a uma profundidade de 0,30 m, com registros a cada 0,01 m.



Figura 6 – Detalhe dos transectos com os 120 pontos de resistência a penetração.

Por ocasião do primeiro corte do pasto, foram instaladas doze gaiolas de exclusão (Figura 7 e 8) nas três distintas zonas de produtividade de soja, (alta, média e baixa). Cada zona recebeu quatro gaiolas, repetições do ensaio, visando acompanhar o desenvolvimento do pasto e observar as diferenças de produção da pastagem ao longo do ciclo de desenvolvimento. No sistema ILP adotado, a pastagem de azevém se desenvolve anualmente na forma de sobre semeadura natural, pois a dessecação é realizada após a maturação fisiológica da maioria das plantas, e já existe um banco de sementes de longa data, em virtude do manejo que vem sendo utilizado nesta área experimental. Esta área foi pastejada por animais da raça Brangus de 14 – 24 meses de idade para terminação. O manejo do ajuste de carga animal, foi realizado a cada 30 dias, definido pela altura da pastagem, mantendo sempre um resíduo de forragem entre 15 e 20cm de altura. A primeira avaliação da produção de forragem do azevém foi realizada no dia 14 de agosto de 2013, antes da entrada dos animais. Foi realizado primeiramente um corte para estimar a produção inicial de matéria seca nas diferentes zonas. Nos dias 19/09/2013 e 30/10/2013, foram realizados os outros dois cortes da pastagem, dentro e fora da gaiola, para estimar a taxa de acumulo de forragem, que se dá pela diferença existente de forragem dentro e fora da gaiola de exclusão. A

disponibilidade total de forragem se dá pela soma da disponibilidade inicial da forragem com o total do crescimento acumulado ao longo do período de desenvolvimento da forragem.

Ex.:

Taxa de acúmulo = Forragem acumulada no 2º corte – Disponibilidade inicial de forragem no 1º corte

Disponibilidade total = Disponibilidade inicial (1º corte) + Total acumulado (corte 2 e 3).



Figura 7 – Detalhe da gaiola de exclusão antes do corte da forragem.

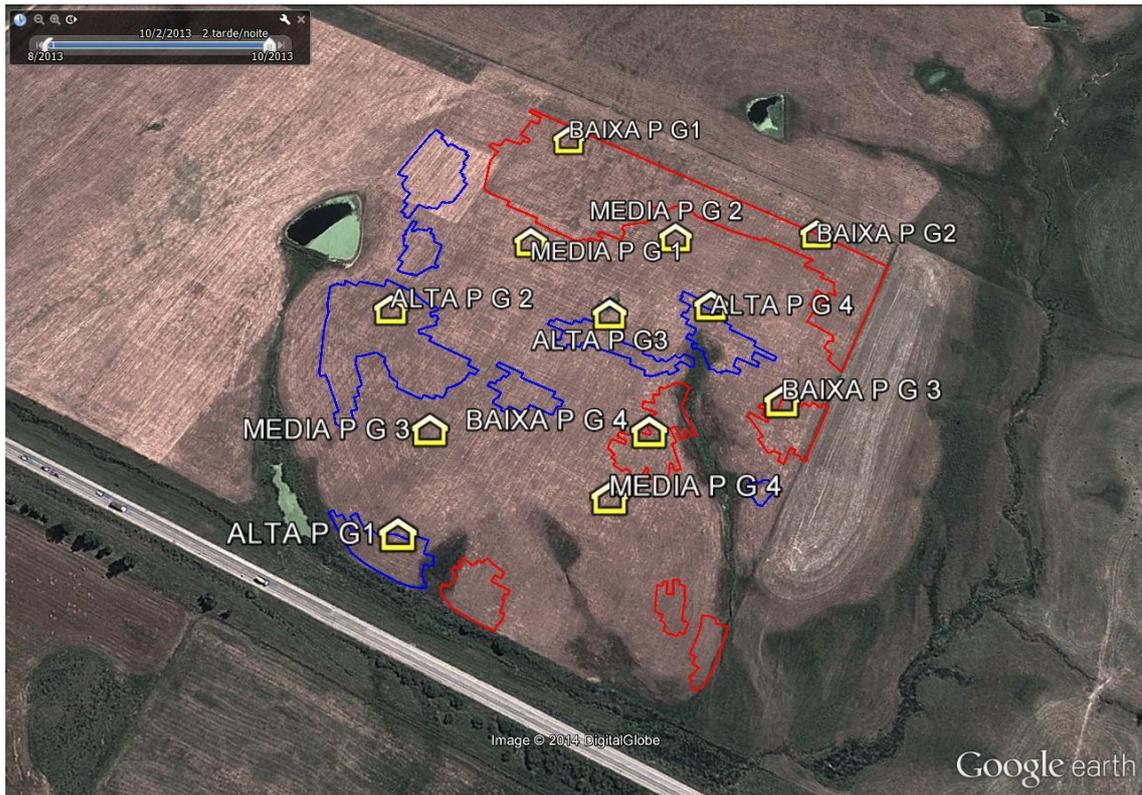


Figura 8 – Detalhe do posicionamento das gaiolas nas zonas de produtividade de soja.

Inicialmente, os resultados foram submetidos à 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 CV foram classificados como de variabilidade baixa ($CV < 15\%$), média ($15 < CV < 35\%$) e alta ($CV > 35\%$) 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 do solo, a produção de forragem e da cultura da soja os dados foram submetidos às análises 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).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Mapa de colheita e zonas de manejo

O mapa de colheita da cultura da soja, safra 2012/2013 mostrou variações de produtividade de 850 kg ha^{-1} a 3.020 kg ha^{-1} (Figura 03). Isso demonstra a existência de grande variabilidade na área estudada, com 17,2 % da área considerada zonas de baixa produtividade. Esse resultado colabora com os obtidos por Santi, (2007) que aponta para a existência de 20 a 30% de zonas de baixa produtividade nas áreas cultivadas com soja no RS.

Por outro lado, a zona de alta produtividade compreende 12,2% da área. Tais resultados demonstram que mesmo com apenas um mapa de produtividade já é possível definir regiões com alta e baixa produtividade. Santi (2007) e Eitelwein (2013) estudando variações de produtividade na região norte do RS também encontraram esse comportamento.

Isso é relevante pelo fato de que a aplicabilidade do mapa de colheita pode ser potencializada quando se almeja utilizar essa ferramenta para definir zonas de alta e baixa produtividade (Figura 04) para fins de manejo, permitindo seu uso já a partir do primeiro evento de colheita. No entanto, quando se objetiva caracterizar também as zonas de média produtividade, instáveis, há necessidade de um histórico maior de eventos de colheita (Santi, 2007 e Eitelwein, 2013).

Na figura 9 são apresentados os resultados da produtividade da soja e de forragem nas diferentes zonas de manejo. Pode-se observar que houve diferença significativa apenas para a produtividade da soja que produziu na zona de baixa e alta a produtividade de 1498 e 2563 kg ha^{-1} , respectivamente. Porém, deve-se salientar que as zonas de manejo foram delimitadas a partir dos próprios valores de produtividade da soja.

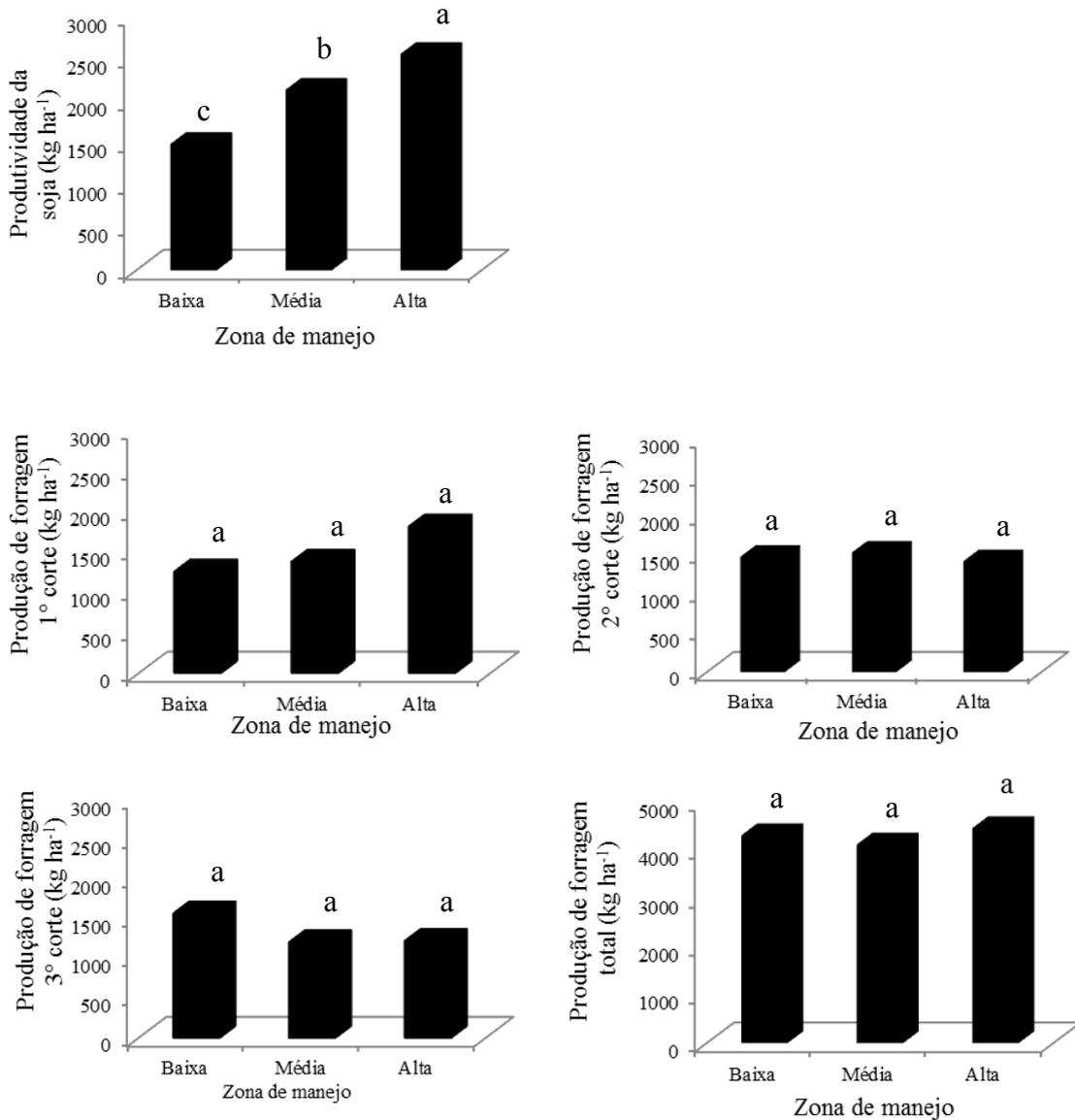


Figura 9 – Comparação múltipla de média dos valores de produtividade da soja e de forragem nas diferentes zonas de manejo. Bagé, RS, 2014.

Para as produções de forragem nos diferentes cortes e a produtividade total (acumulado + inicial) não ocorreu diferença entre as zonas de manejos (figura 1), diante disso pode-se observar que as zonas de manejo delimitadas a partir de uma cultura de grãos antecessora para a produção de forragens não é eficiente, porque as zonas de produtividade da cultura de grãos, não reproduziu os valores esperados na produção de forragem. Os valores de produção total de forragem nas zonas de baixa, média e alta produtividade foram de 4310, 4123 e 4460 kg ha⁻¹, respectivamente. Avaliando ainda os valores de produção total de forragem, nota-se que mesmo não sendo valores significativos, houve baixa amplitude dos valores de

produção entre as diferentes zonas de manejo, que foi de apenas 337 kg ha⁻¹. Guedes Filho et al. (2010) estudando a produtividade de cinco culturas de grãos em um sistema de rotação em um período de oito anos, comprovou que existe uma alta variabilidade temporal de produção entre as culturas, sendo que diferentes culturas apresentaram diferentes distribuições de produtividade.

Avaliando-se os valores dos atributos químicos do solo nas diferentes zonas de manejo (Tabela 1), observa-se que não ocorreram diferenças entre os atributos do solo com exceção do teor de matéria orgânica na camada de 0,00 - 0,10 m. A falta de diferença entre as zonas de manejo pode estar relacionada em partes, ao baixo número de graus de liberdade utilizado na análise 24 (3 tratamento x 8 repetições). Alguns atributos como os teores de fósforo Ca e Mg apresentavam valores mais reduzidos na zona de manejo de baixa produtividade com uma amplitude considerável, porém não foram significativos.

Os valores dos atributos químicos do solo nas diferentes camadas, de maneira geral, conforme esperado, tiveram uma redução de seus valores na camada mais profunda. Contudo, alguns atributos como o teor de argila, apresentou inversão nas diferentes camadas sendo que, na camada superficial, o menor teor de argila estava na zona de baixa produtividade, já na camada mais profunda a zona de alta produtividade foi a que apresentou menores teores de argila.

O teor de matéria orgânica, foi o único atributo com diferenças significativas, na camada de 0,00 – 010 m, entre as zonas de manejo e apresentou o menor teor na zona de baixa produtividade, 3,03% o qual não diferiu da zona de média produtividade (matéria orgânica de 3,35%). Este resultado pode estar relacionado com a diferença de produtividade da cultura da soja entre as zonas de manejo. Vezzani e Mielniczuk (2009) descreveram a matéria orgânica do solo como o melhor indicador da qualidade solo, devido a este atributo estar diretamente inter-relacionado com fatores químicos, físicos e biológicos do solo.

Tabela 1 – Comparação múltipla de média dos atributos químicos do solo nas diferentes zonas de manejo. Bagé - RS, 2014.

FV	Zonas de manejo		
	Baixo	Médio	Alto
		0.00 - 0.10 m	
Fósforo (mg/dm ³)	11,38 ^{ns}	21,18	20,00
Potássio (mg/dm ³)	77,25 ^{ns}	49,50	73,25
Matéria orgânica (%)	3,03 ^b	3,35 ^{ab}	3,75 ^a
Satuação de bases (%)	48,50 ^{ns}	43,00	43,75
Argila (%)	16,75 ^{ns}	19,25	21,75
PH H ₂ O	4,95 ^{ns}	4,90	4,83
Ca (cmolc/dm ³)	5,00 ^{ns}	4,83	5,35
Mg (cmolc/dm ³)	1,90 ^{ns}	1,93	2,23
Al+H (cmolc/dm ³)	7,88 ^{ns}	9,30	10,30
CTC efetiva (cmolc/dm ³)	14,95 ^{ns}	16,18	14,08
		0.10 - 0.20 m	
Fósforo (mg/dm ³)	6,20 ^{ns}	6,85	8,85
Potássio (mg/dm ³)	66,25 ^{ns}	41,75	54,25
Matéria orgânica (%)	2,10 ^{ns}	2,28	2,83
Satuação de bases (%)	36,50 ^{ns}	38,75	37,10
Argila (%)	20,75 ^{ns}	17,75	18,50
PH H ₂ O	4,73 ^{ns}	4,73	4,70
Ca (cmolc/dm ³)	3,93 ^{ns}	4,18	4,78
Mg (cmolc/dm ³)	1,33 ^{ns}	1,50	1,95
Al+H (cmolc/dm ³)	9,60 ^{ns}	28,83	11,30
CTC efetiva (cmolc/dm ³)	15,00 ^{ns}	15,03	18,18

* Valores médios seguidos de letras iguais na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05% de probabilidade de erro.

A partir dos valores de correlação entre a produtividade da soja e a produção de forragem apresentados na tabela 2, observa-se que houve correlação positiva da produtividade da soja com a produção de forragem, apenas no primeiro corte da forragem, ou seja, na disponibilidade inicial do pasto ($r = 0,62$). Este resultado demonstra que a resposta em produtividade de culturas diferentes é distinta em uma mesma área. Uma hipótese para esse resultado (Tabela 2) é que na zona de alta produtividade de soja haja maior produção de palhada e, por ser uma leguminosa, pode estar apresentando maiores teores de nitrogênio a partir da decomposição da palhada influenciando positivamente a produção de forragem em sucessão. No entanto, a partir desse primeiro corte os níveis diminuem expressando a ausência de correlação nos cortes seguintes. Correlações da produção de forragem entre os cortes 1 e 2 foram observados com a produção total, contudo este resultado é o

esperado pois a produção total é a soma de todos os cortes da forragem que foram realizados.

Tabela 2 – Análise de correlação entre a produtividade da soja e de forragem. Bagé - RS, 2014.

Produtividade	Produção de forragem			
	1° corte	2° corte	3° corte	Total
Grãos de soja	0,62*	0,06	-0,11	0,22
Forragem 1° corte		0,24	-0,14	0,45
Forragem 2° corte			0,26	0,76*
Forragem 3° corte				0,69*

*Correlação de Pearson 0,05 % de significância.

Dos atributos do solo avaliados na camada de 0,00 – 0,10 m nenhum apresentou correlação com a produtividade da cultura da soja e ou da produção de forragem ao longo do período do experimento. Este resultado comprova o que é descrito por Santi et al., (2013) em que descreve que a avaliação de um pequeno conjunto de dados de atributos químicos do solo visando correlacionar com a produtividade de culturas normalmente apresenta pouca eficiência. Vezzani & Mielniczuk (2009) citam que o sistema do solo é bastante complexo e está atrelado a interações químicas, físicas e biológicas. Sendo assim quando objetiva-se avaliar os atributos limitadores de produção em uma cultura se faz necessário a coleta de um banco de dados bastante amplo e de uma análise multidisciplinar (SANTI et al., 2012).

Tabela 3 – Análise de correlação entre a produtividade da soja e de forragem com os atributos químicos do solo na camada de 0,00 – 0,10 m. Bagé - RS, 2014.

FV	Produtividade				
	Grãos de soja	Forragem 1° corte	Forragem 2° corte	Forragem 3° corte	Forragem Total
Fósforo	0,25	0,12	-0,08	-0,16	-0,08
Potássio	-0,18	-0,22	0,23	0,07	0,25
Matéria orgânica	0,56	0,37	0,17	-0,17	0,13
Saturação de bases	-0,30	-0,01	-0,18	0,22	0,04
Argila	0,44	0,16	0,15	-0,09	0,08
PH	0,43	0,02	-0,08	0,04	-0,01
Ca	-0,04	0,15	-0,06	-0,37	-0,20
Mg	0,32	0,44	0,06	-0,46	-0,07
Al+H	0,37	0,25	0,20	-0,36	-0,01
CTC efetiva	0,34	0,30	0,17	-0,44	-0,06

*Correlação de Pearson 005 % de significância.

Na camada do solo de 0,10 – 0,20 m ocorreu correlação negativa da produção de forragem no 2º corte e conseqüentemente no total de forragem acumulada com o teor de fósforo no solo. Acock & Pacheski (1997) citam que o rendimento das culturas em um mesmo talhão apresenta diferenças, e estas podem ser atribuída além dos fatores químicos do solo, a temperatura do solo, temperatura do ar, radiação solar, precipitação, umidade, ventos, profundidade do solo, densidade do solo e presença de plantas daninhas. Grego et al. (2012) concluíram que os atributos físicos do solo, impõe maior restrição de produção de forragem que os atributos químicos do solo.

Tabela 4 – Análise de correlação entre a produtividade da soja e de forragem com os atributos químicos do solo na camada de 0,10 – 0,20 m. Bagé - RS, 2014.

FV	Produtividade				
	Grãos de soja	Forrage m 1º corte	Forragem 2º corte	Forrage m 3º corte	Forrage m total
Fósforo	0,08	0,14	-0,75*	-0,45	-0,60*
Potásio	-0,37	-0,17	0,04	-0,16	-0,15
Matéria orgânica	0,51	0,48	0,16	-0,28	0,11
Saturação de bases	0,12	-0,28	0,19	0,22	0,11
Argila	0,36	-0,07	0,18	0,21	-0,07
PH	0,14	-0,24	0,13	-0,03	-0,05
Ca	0,27	0,19	0,31	-0,17	0,12
Mg	0,49	0,27	0,35	-0,20	0,17
Al+H	-0,01	0,13	-0,09	-0,17	-0,10
CTC efetiva	0,34	0,37	0,29	-0,38	0,06

*Correlação de Pearson 005 % de significância.

5.2 Condutividade elétrica do solo (CE)

O mapa temático da CE, realizado a partir de duas medições (Figura 10) mostrou grande similaridade entre os locais com alta e baixa condutividade elétrica. Embora os dados tenham sido obtidos em apenas uma área experimental, enfatizam a potencialidade dessa ferramenta como método prático e rápido para definição de zonas de manejo em áreas com histórico de integração lavoura-pecuária, corroborando com os resultados de Perez et al., 2011.

O espaçamento de 25 metros mostrou-se eficiente para capturar a variabilidade da condutividade elétrica do solo, oferecendo uma boa relação custo/benefício e obtenção dos dados em rápido espaço de tempo (Figura 10).

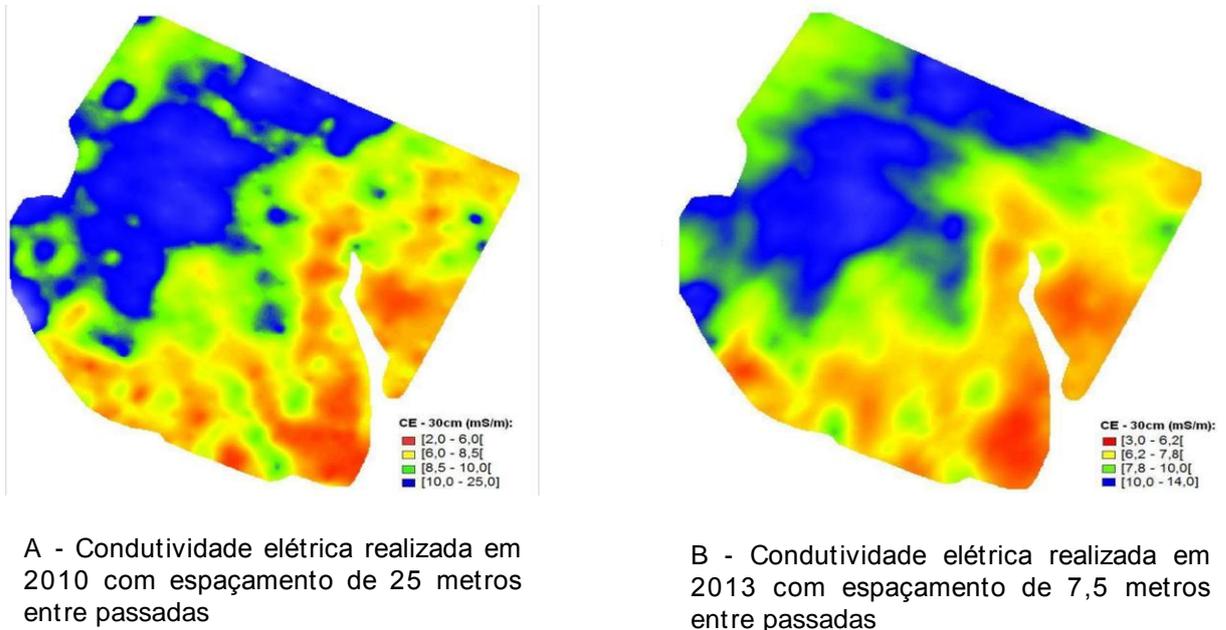


Figura 10 – Levantamento da condutividade elétrica do solo realizada em 2010 (A) e em 2013 (B).

Os dois levantamentos de CE realizado em 2010 e 2013, apresentaram forte correlação positiva e espalhamento relativamente pequeno ($\rho = 0,91$), evidenciando que os levantamentos realizados em diferentes anos, sob distintas distâncias, repetiram o padrão em um bom grau, confirmando o estudo de REIS (2005) que investigou a repetibilidade do mapeamento da CE.

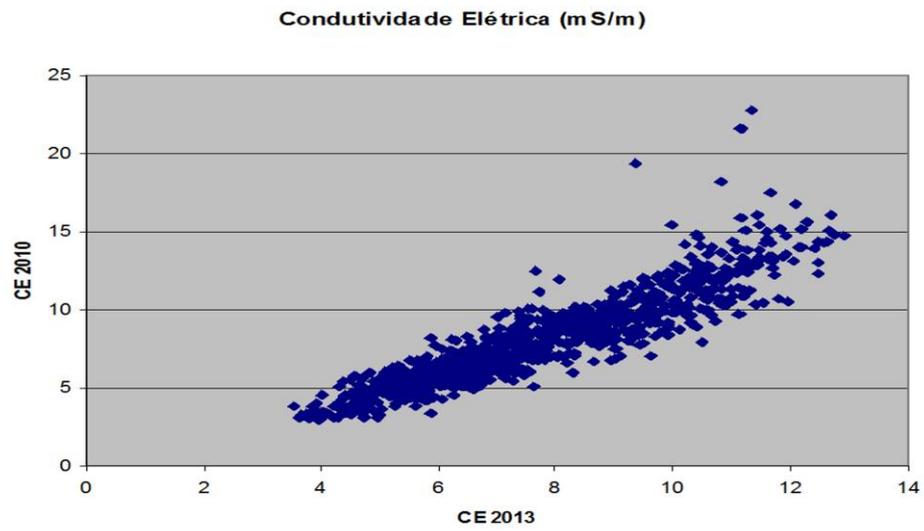


Figura 11 – Correlação entre a condutividade elétrica determinada em 2010 e em 2013.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

1. Ocorrem diferenças de produtividade da cultura da soja ao longo da lavoura, mesmo estando os atributos químicos do solo com níveis médios a elevados.
2. A produtividade da soja e de forragem em sucessão são distintas em uma mesma área, demonstrando que estas apresentam diferentes exigências para o seu desenvolvimento.
3. Quando os níveis de fertilidade são adequados, a variação da produtividade da soja, antecedendo a pastagem, gera variação na produtividade do pasto somente na sua fase inicial.
4. A condutividade elétrica se mostrou uma ferramenta potencial para complementar o uso do mapeamento de colheita na definição de zona de manejo porem requer mais estudos para a região sul do RS.

REFERÊNCIAS

ACOCK, B.; PACHEPSKY, Y. **Holes in precision farming: mechanistic crop models**. In: Precision Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, 1997, p.397-404.

ADAMCHUK, V. I. et al. On-the go soil sensors for precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 44, p. 71-91, 2004.

ALVARENGA, R. C. Integração lavoura–pecuária. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3., 2004, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2004. 1 CD ROM.

ANDERSON, D. M. Virtual fencing –past, present and future. **The Rangeland Journal**, v. 29, p. 65-78, 2007.

AWTY, I. Taking the guess work out of feeding cows. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON PRECISION AGRICULTURE IN AUSTRALASIA, 13., Armidale. **Proceedings...** Armidale: University of New England, 2009. p. 73. Editors M. G. Trotter, E. B. Garraway, D. W. Lamb.

BARCELLOS, J. O. J. et al. O futuro da bovinocultura frente à crise alimentar no mundo. In: CONGRESO VENEZOELANO DE PRODUCCIÓN E INDUSTRIA ANIMAL, 14., 2008, Maracaibo. **Memorias...** Maracaibo: AVPA, 2008. p. 18-23. Disponível em: <http://www.avpa.ula.ve/congresos/memorias_xivcongreso/pdf/conferencias/barcellos.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2014.

BARCELLOS, J. O. J. et al. A bovinocultura de corte frente a agriculturização no Sul do Brasil. In: CICLO DE ATUALIZAÇÃO EM MEDICINA VETERINÁRIA, 11., 2004, Lages. **Anais...** Lages: UDESC, 2004. Disponível em: <http://190.183.236.157/Grandes%20Animales/1ra.%20Jornada%20_Octubre%202005/A%20Pecu%C3%A1ria%20de%20e%20Expans%C3%A3o%20da%20Agricultura.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2014.

BAILEY, D. W. Identification and creation of optimum habitat conditions for livestock. **Rangeland Ecology and Management**, v. 58, p. 109-118, 2005.

BALBINOT JÚNIOR, A. A. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, set. 2009.

BERBET, R. P.; HAMAWAKI, O. T. Análise da plasticidade da cultura de soja em diferentes arranjos populacionais e diferentes espaçamentos entre linhas. **Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 2, n. 1, p. 1-19, ou. 2008. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4127/3074>> Acesso em: 13 abr. 2014.

BISHOP-HURLEY, G. J.; SWAIN, D. L.; ANDERSON, D. M. Virtual fencing applications: implementing and testing an automated cattle control system. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 56, p. 14-22, 2007.

BOSCHETTI, M.; BOCCHI, S.; BRIVIO, P. A. Assessment of pasture production in the Italian Alps using spectrometric and remote sensing information. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 118, p. 267-272, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Integração lavoura pecuária: cartilha do produtor**. Brasília, DF, 2007. 18 p. Disponível em: <<http://www.lavourapecuaria.com.br>>. Acesso em: 13 abr. 2014.

BRICKLEMYER, R. S.; BROWN, D. J. On-the-go VisNIR: potential and limitations for mapping soil clay and organic carbon. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 70, p. 209-216, 2010.

BREHME, U. 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. de F. et al. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 151-170, 2007. Suplemento.

CARVALHO, P. C. de F et al. Desafios da busca e da apreensão da forragem pelos ovinos em pastejo: construindo estruturas de pasto que otimizem a ingestão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 4., 2009, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: EMEPA-PB, 2009a. 1 CD-ROM.

CARVALHO, P. C. de F. et al. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, 2009b. Número especial.

CARVALHO, P. C. de F. et al. Ecologia do pastejo. In: MANEJO estratégico da pastagem. Viçosa, MG: Editora da UFV, 2006. p. 43-72.

CARVALHO, P. C. de F. et al. O estado da arte em integração lavoura-pecuária. In: GOTTSCHELL, C. S. et al. (Org.). **Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia**. Canoas: Ulbra, 2005. p. 7-44.

CASSOL, L. C. **Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 157 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CAUDURO, G. F. et al. Comparação de métodos de medida indireta de massa de forragem em pasto de azevém anual (*Lolium Multiflorum* Lam.). **Ciência Rural**, v. 36, p. 1617-1623, 2006.

COMISSÃO, DE QUÍMICA E. FERTILIDADE DO. SOLO. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **SBCS/NRS. Porto Alegre**, 2004, p 35-37.

CONAB. **Soja – Brasil: série histórica de área plantada: safras 1976/77 a 2013/14**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?t=2&a=1252&filtrar=1&f=1&p=115&e=0&d=0&m=0&s=0&ac=0&tps=0&lvs=0&l=0&ed=0&i=soja>>. Acesso em: 24 mar. 2014.

CURRIE, P. O.; HILKEN, T. O.; WHITE, R. S. Evaluation of a single probe capacitance meter for estimating herbage yield. **Journal of Range Management**, v. 40, p. 537-541, 1987.

DOOLITTLE, J.; COLLINS, M. A comparison of EM induction and GPR methods in areas of karst. **Geoderma**, Amsterdam, v. 85, p. 83-102, 1998.

EDWARDS, G. R. et al. The use of spatial memory by grazing animals to locate food patches in spatially heterogeneous environments: an example with sheep. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 50, n. 2, p. 147-160, 1996.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FLORES, J. P. C. **Atributos físicos e químicos do solo e rendimento de soja em integração lavoura-pecuária em sistemas de manejo**. 2008. 102 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

FONTOURA, L. F. M. **Macanudo Taurino**: uma espécie em extinção? um estudo sobre o processo de modernização na pecuária da Campanha gaúcha. 2000. 317 f. Tese. (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

GARDNER, W.; HOWARD, S. Soil strength G a useful parameter for mapping management zones. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON PRECISION AGRICULTURE IN AUSTRALASIA, 13., Armidale. **Proceedings...** Armidale: University of New England, 2009. p. 84. Editors M. G. Trotter, E. B. Garraway, D. W. Lamb.

GREGO, C. R.; RODRIGUES, C.A.G.; NOGUEIRA, S. F.; GIMENES, F. M. A.; OLIVEIRA, A.; ALMEIDA, C. G. F.; FURTADO, A. L. S.; DEMARCHI, J. J. A. A. Variabilidade espacial do solo e da biomassa epígea de pastagem, identificada por meio de geoestatística. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n. 9, p. 1404-1412, 2012.

GUEDES FILHO, O.; VIEIRA, S. R.; CHIBA, M. K.; NAGUMO, C. H.; DECHEN, S. C. F. Spatial and temporal variability of crop yield and some rhodic hapludox properties under no-tillage. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v. 34, p. 1-14, 2010.

GURETZKY, J. A. et al. Distribution of legumes along gradients of slope and soil electrical conductivity in pastures. ***Agronomy Journal***, v. 96, p. 547-555, 2004.

HABOUDANE, D. et al. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modelling and validation in the context of precision agriculture. ***Remote Sensing of Environment***, v. 90, p. 337-352, 2004.

HACKER, R. B. et al. Precision pastoralism advanced systems for management and integration of livestock and forage resources in the semi-arid rangelands in south easter Australia. In: JOINT INTERNATIONAL GRASSLAND AND RANGELAND CONGRESS; INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 21.; INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 8., 2008, Hohhot, China. ***Multifunctional grasslands and rangelands in a changing world***: proceedings. Beijing: Guangdong People's Publishing House, 2008. v.1, p. 428-431.

HILL, M. J. et al. Estimation of pasture growth rate in the south west of Western Australia from AVHRR NDVI and climate data. ***Remote Sensing of the Environment***, v. 93, p. 528-545, 2004.

IMPORTÂNCIA da pecuária na economia brasileira, A. ***Revista Agropecuária***, 16 jul. 2012. Disponível em: <<http://www.revistaagropecuaria.com.br/2012/07/16/a-importancia-da-pecuaria-na-economia-brasileira>>. Acesso em: 26 mar. 2014.

LACA, E. A. Pastoreo de precisión. In: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO EN FORRAJERAS DEL CONO SUR, 22., 2008, Minas. **Bioma Campos: innovando para mantener su sustentabilidad y competitividad: memórias**. Minas: INIA, 2008. v. 1, p. 29-40.

LACA, E. A. Precision livestock production: tools and concepts. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, jul. 2009a. Número especial.

LACA, E. A. Running head: new tools for grazing management. **Rangeland Ecology and Management**, 2009b.

LACA, E. A. et al. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. **Grass and Forage Science**, v. 47, p. 91-102, 1992.

LANZANOVA, M. E. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1131-1140, 2007.

LIMA, C. L. R. de. **Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada**. 2004. 60 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

LOPES, M. L. T. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho e qualidade da carcaça de novilhos super precoces terminados em pastagem de aveia e azevém manejada sob diferentes alturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 178-184, jan./fev. 2008.

LOPES, M. L. T. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1499-1506, 2009.

MACHADO, P. L. O. de A. et al. Estudo de caso em agricultura de precisão: manejo de lavoura de soja na região de campos gerais, PR. In: MACHADO, P. L. O. de A.; BERNARDI, A. C. de C.; SILVA, C. A. (Ed.). **Agricultura de precisão para o manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. p. 93-113.

MATEI, A. P.; FILIPPI, E. E. O bioma Pampa e o desenvolvimento regional no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO DE ECONOMIA GAÚCHA, 6., 2012, Porto Alegre.

Anais... Porto Alegre: PUCRS, 2012. Disponível em: <http://www.pucrs.br/eventos/eeg/download/Mesa8/O_Bioma_Pampa_e_o_Desenvolvimento_Regional_no_RS.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2014.

MARQUES, J. B. B. **Efeito do espaçamento entre fileiras, população de plantas e irrigação sobre o rendimento da planta, rendimento e qualidade da semente da soja (*Glycine max (L.) Merril*)**. 1981. 93 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MARTINS, M. C. et al. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia agrícola**, v. 56, n. 4, p. 851-858, 1999.

MOCHHEIM, K. P.; BARBER, D. G. Canada's using NOAA NDVI data. **Canadian Journal of Remote Sensing**, v. 24, p. 17-27, 1998.

MOGES, S. M. et al. Evaluation of green, red and near infrared bands for predicting winter wheat biomass, nitrogen uptake and final grain yield. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, p. 1431-1441, 2004.

MOLIN, J. P. Desafios da agricultura brasileira a partir da agricultura de precisão. In: SIMPÓSIO SOBRE ROTAÇÃO SOJA/MILHO NO PLANTIO DIRETO, 3., 2002, Campinas. **Anais...** Piracicaba: IPNI, 2002. Disponível em: <[http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/54f495ffab600eaa83257b0900456a4a/\\$FILE/Palestra%20do%20Jose%20Molin.pdf](http://brasil.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/54f495ffab600eaa83257b0900456a4a/$FILE/Palestra%20do%20Jose%20Molin.pdf)> Acesso em: 24 mar. 2014.

MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M. Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, p. 90-101, jan./fev. 2011.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja**: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Universidade Federal de Pelotas: Evangraf, 2005. 31 p.

NUMATA, I. et al. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 109, p. 314–327, 2007.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura, cómo gestionar los sistemas en peligro. Roma, 2011. 47 p.

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**, Viçosa, MG, v. 36, p. 45-51, 2007.

PEREZ, N. B. et al. Variabilidade espaço-temporal em sistemas de integração lavoura-pecuária na Região Sul do Brasil: perspectivas de intervenção com agricultura de precisão. **Embrapa Pecuária Sul-Capítulo em livro técnico-científico (ALICE)**, 2011.

PIRES, J. L. **Efeito da redução do espaçamento entre linhas da soja sobre o rendimento de grãos e seus componentes, em semeadura direta**. 1998. 94 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

POMAR, C. et al. Precision feeding can significantly reduce feeding cost and nutrient excretion in growing animals. In: SAUVANT, D. et al. (Ed.). **Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals**. Wageningen: Academic, 2011. p. 327-334.

PLANT, R. E. Site-specific management: the application of information technology to crop production. **Journal of Computers and Electronics in Agriculture**, v. 30, n. 1 p. 9-29, 2001.

RAMBO, L. et al. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.

REEVES III, J. B. Near-versus mid-infrared diffuse reflectance spectroscopy for soil analysis emphasizing carbon and laboratory versus on-site analysis: where are we and what needs to be done? **Geoderma**, Amsterdam, v. 158, p. 3-14, 2010.

REIS, L. R. *Utilização da condutividade elétrica para o estabelecimento de zonas de manejo em um latossolo amarelo-escuro*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL, 39., Passo Fundo, 2012. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012a. 142 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 107). Organizado por Leila Maria Costamilan, Mercedes Concórdia Carrão-Panizzi, Mércio Luiz Strieder, Paulo Fernando Bertagnolli.

RODRIGUES, F. A. C. Análise econômica comparativa entre a bovinocultura de corte e a de duplo-propósito no Rio Grande do Sul. 1989. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas, Porto Alegre, 1989.

ROSA, F. T. Importância da pecuária brasileira. **Scot Consultoria**, Bebedouro, 17 set. 2009. Disponível em: <<http://www.scotconsultoria.com.br/noticias/todas-noticias/5262/importancia-da-pecuaria-brasileira.htm>>. Acesso em: 26 mar. 2014.

ROSSATO, M. S. Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, 2011, p. 189-191.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE -1 SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. **Annals...** Washington, DC: NASA: Goddard Space Flight Center, 1973. v. 1, p. 309-317.

SANDERSON, M. A. et al. Estimating forage ass with a commercial capacitance meter, rising plate meter, and pasture ruler. **Agronomy Journal**, v. 93, p. 1281-1286, 2001.

SANTI, A. L. **Relações entre indicadores de qualidade do solo e a produtividade das culturas em áreas com agricultura de precisão. 2007. 175p.** 2007. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)–Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; MARTIN, T. N.; PIRES, J. L.; DELLA FLORA, L. P.; BASSO, C. J. Análise de componentes principais de atributos químicos e físicos do solo limitantes à produtividade de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1346-1357, 2012.

SANTI, A. L. et al. Definição de zonas de produtividade em áreas manejadas com agricultura de precisão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 510-515, 2013.

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

SERRANO, J. M. et al. Calibração e validação de um medidor de capacitância num projeto de agricultura de precisão em pastagens. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 85-96, 2009.

SERRANO, J. M.; SHAIHIDIAN, S.; SILVA, J. M. da. Small scale soil variation and its effect on pasture yield in southern Portugal. **Geoderma**, Amsterdam, v. 195-196, p. 173–183, 2013.

SEVERO, C. M.; MIGUEL, L. A. A sustentabilidade dos sistemas de produção de bovinocultura de corte do estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 44., 2006, Fortaleza. **Questões agrárias, educação no campo e desenvolvimento**. Fortaleza: SOBER: Embrapa Agroindustrial Tropical, 2006. 1 CD-ROM.

SILVA, M. R. M. da. **Identificação da ocorrência de estiagens em Bagé (RS) entre 1961–2009**. 2010. 81 f. Monografia (Graduação)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre, RS, p. 18-29, 2010.

SILVA, S. C.; CUNHA, W. F. Métodos indiretos para estimar a massa de forragem em pastos de *Cynodon* spp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, p. 981-989, 2003.

SUDDUTH, K. A. et al. Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 46, p. 263-283, 2005.

TEIXEIRA, M. L.; CAMPELO, G. J. de A. **Plantio direto, uma tecnologia que conserva o solo**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 1 folder.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. Rendimento de grãos de soja afetado pelo espaçamento entre linhas e fertilidade do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 4, p. 543-546, 1998.

TIPA JÚNIOR, N. Área gaúcha de soja cresce 18 % em 5 anos. **Jornal do Comércio**, Porto Alegre, 20 jan. 2014. Disponível em: <<http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=151875>>. Acesso em: 7 maio 2014.

TREIN, C. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia + trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 105–111, 1991.

TROTTER, M. G. Precision agriculture for pasture, rangeland and livestock systems. In: AUSTRALIAN AGRONOMY CONFERENCE, 15., 2010, Lincoln. **Food security from sustainable agriculture**: proceedings. Gosford: Australian Society of Agronomy, 2010a. Edited by H. Dove and R. A. Culvenor. Disponível em: <http://regional.org.au/au/asa/2010/crop-production/precision-agriculture/7130_trotter.htm#TopOfPage>.

VERDUM, R. O Pampa ainda desconhecido. **IHU Online**, São Leopoldo, ano 6, n. 190, p. 4-9, 7 ago. 2006. Entrevista. <http://www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/1161807060REVISTA_UNISINOS_n__190_ago.2006.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2014.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 743-755, 2009.

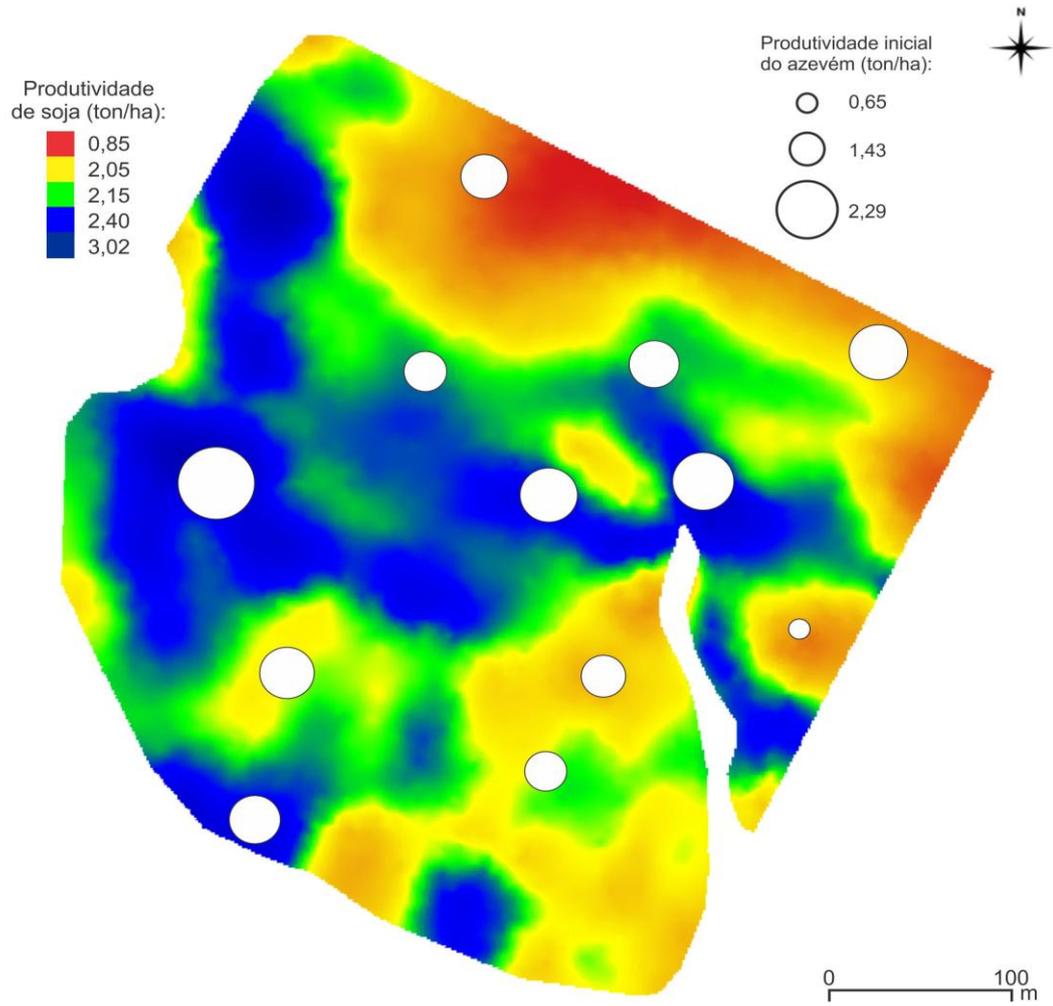
VICKERY, P. J.; HEDGES, D. A.; DUGGIN, M. J. Assessment of the fertilizer requirement of improved pasture from remote sensing information. **Remote Sensing of Environment**, v. 9, p. 131-148, 1980.

VIEIRA, M. J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 163-179.

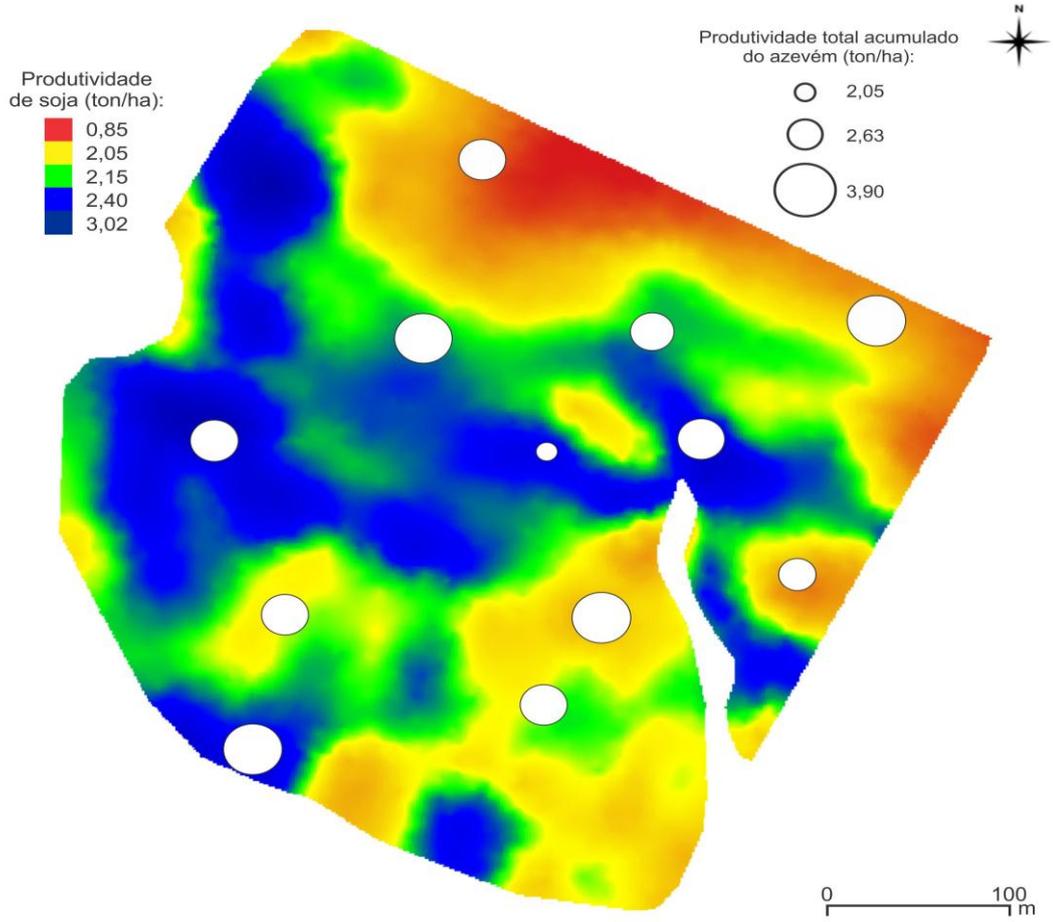
VILELA, L. et al. Integração lavoura-pecuária. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. D. F. (Ed.). **Savanas**: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. v. 1, p. 933-962.

YULE, I. J. et al. Pasture measurement: the first step towards precision dairying. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON PRECISION AGRICULTURE RESEARCH AND APPLICATION IN AUSTRALASIA, 10., Sydney. **Proceedings**... Sydney: Australian Centre for Precision Agriculture: University of Sydney: The Australian Technology Park, 2006. p. 6.

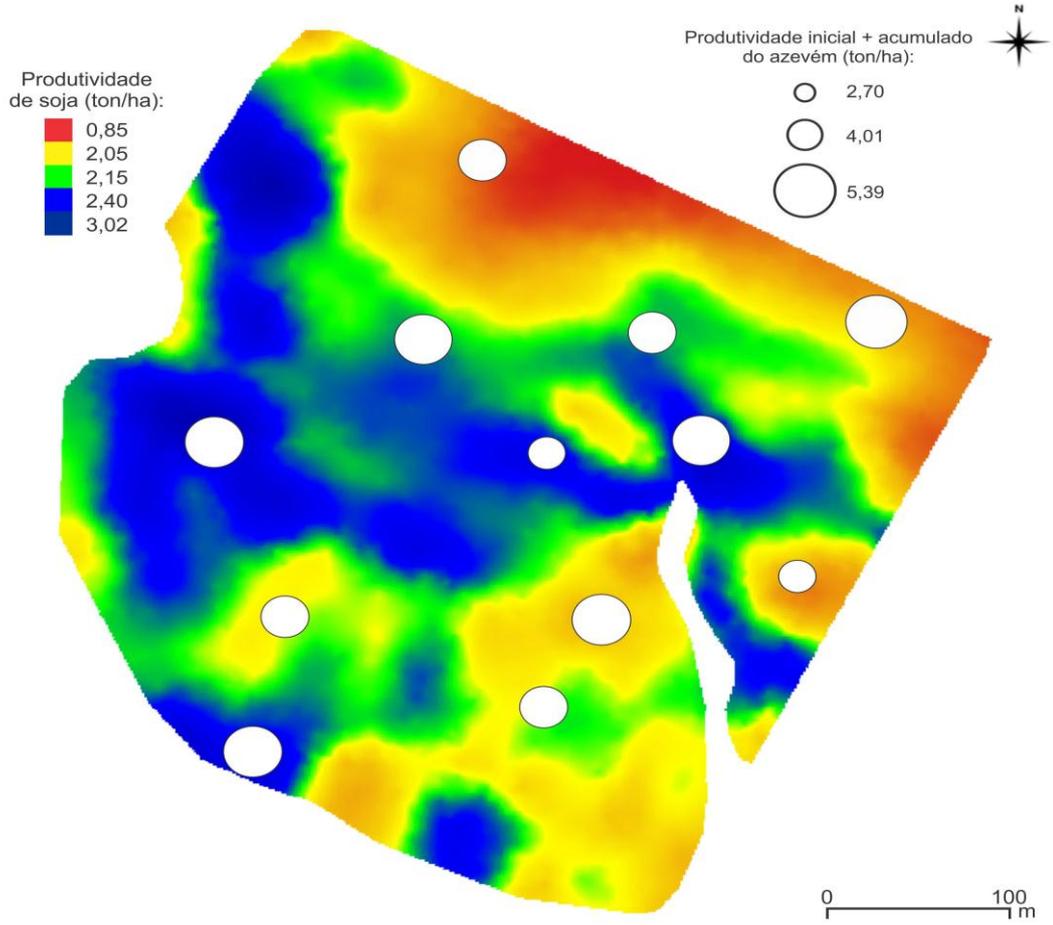
ANEXOS



Anexo 1 – Produtividade da soja com sobreposição da produtividade inicial do azevém (ton./ha).



Anexo 2 – Produtividade da soja com sobreposição da produtividade total acumulado do azevém (ton./ha).



Anexo 3 – Produtividade da soja com sobreposição da produtividade inicial e o acumulado do azevém (ton./ha).