



GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

**EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE MEDIANTE A
INCORPORAÇÃO DE TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE
PRECISÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
PROPRIEDADE RURAL DE GRANDE PORTE**

Márcio Schulz

Horizontina

2015

Márcio Schulz

**EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE MEDIANTE A INCORPORAÇÃO DE
TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
PROPRIEDADE RURAL DE GRANDE PORTE**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas, pelo Curso de Ciências Econômicas da Faculdade Horizontina (FAHOR).

ORIENTADOR: Márcio Leandro Kalkmann, Mestre.

Horizontina

2015

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**EVOLUÇÃO DA PRODUTIVIDADE MEDIANTE A INCORPORAÇÃO DE
TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
PROPRIEDADE RURAL DE GRANDE PORTE**

Elaborada por:

Márcio Schulz

como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Econômicas

Aprovado em: 12/12/2015

Pela Comissão Examinadora

**Mestre. Márcio Leandro Kalkmann
Presidente da Comissão Examinadora – Orientador**

**Mestre. Stephan Sawitzki
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Especialista. Ivete Linn Ruppenthal
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2015**

DEDICATÓRIA

A minha companheira Neli Neuza pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

AGRADECIMENTO

A Deus pelo dom da fé, do amor e da vida.

Aos meus pais pela confiança e incentivo.

A professora Me. Jaqueline Primo Nogueira de Sá, coordenadora do Curso de Ciências Econômicas, pelo comprometimento e condução do curso na busca do aperfeiçoamento e da qualificação dos acadêmicos, e ao professor Me. Márcio Leandro Kalkmann, pela dedicação, empenho e aprendizado proporcionado na orientação deste estudo.

A todos os professores pelo conhecimento técnico-científico proporcionado no processo de formação profissional, bem como de valores éticos e morais transmitidos ao longo dos anos.

A todos os colegas pela convivência, companheirismo e amizade.

As empresas Sementes Aurora, Agroprecision e SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. pela excepcional receptividade e disponibilização dos dados para a conclusão deste estudo.

“Onde há fé, há esperança; onde há
esperança, há amor; onde há amor, há paz;
onde há paz, há Deus, onde há Deus há tudo”.

(Orison Swett Marden)

RESUMO

Diante de um cenário econômico globalizado, a inovação e a modernização do gerenciamento e dos processos produtivos tornam-se fundamentais para manter a competitividade em todos os setores da economia. Seguindo esta tendência, surge no ramo agrícola o conceito de agricultura de precisão, que procura aliar a informática, as tecnologias em geoprocessamento, os sistemas de posicionamento global, entre outras tecnologias, ao campo. Parte-se de informações precisas e exatas, deixando de tratar a lavoura de forma homogênea, pois cada parcela possui características específicas. Neste contexto, a presente pesquisa procura descrever os impactos produtivos incorporados ao uso das técnicas de agricultura de precisão em uma propriedade rural. Com isso, este estudo proporcionará um amplo conhecimento em uma área de grande expansão e de tendência mundial - a produção de alimentos. Além disso, proporcionará maiores esclarecimentos sobre o assunto, demonstrando para a sociedade a importância da introdução e do uso da tecnologia no meio rural. Também assimilará que o uso racional dos insumos agrícolas, como fertilizantes e agrotóxicos, ajudarão a conservar o meio ambiente, pois, além de evitar desperdícios econômicos e maximizar a produtividade, evita aplicações em excesso desses produtos, evitando que esses excessos, que as plantas não utilizam para o seu desenvolvimento, se espalhem pela natureza, contaminando os lençóis freáticos, por exemplo. O trabalho tem por objetivo descrever o retorno produtivo atingido em uma propriedade rural, após a introdução das técnicas de agricultura de precisão, verificando teoricamente quais são as principais tecnologias disponíveis no mercado para este fim e como estas influenciam a produção, além de descrever como são realizadas as coletas de dados da lavoura para análises criteriosas que servirão de base nas tomadas de decisões. Esta análise tem por base a utilização dos dados obtidos principalmente em áreas irrigadas, a fim de minimizar a interferência do clima na produtividade. Outro fator a ser mencionado, são os investimentos necessários para a aquisição destes equipamentos, através de uma pesquisa de preços de mercado, tornando a agricultura de precisão uma realidade no campo. Os dados produtivos foram coletados através de um estudo de caso realizado em uma propriedade rural de grande porte, localizada no município de Cruz Alta, Rio Grande do Sul, mediante aplicação de uma entrevista, por meio de um questionário previamente elaborado. Os objetivos desta pesquisa foram atingidos e os resultados mostraram-se consideravelmente satisfatórios, pois a propriedade apresentou uma constante evolução na produtividade média anual, em virtude da adoção da agricultura de precisão durante o período analisado, entre 2005 e 2015.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão. Equipamentos de Agricultura de Precisão. Produtividade.

ABSTRACT

In a globalized economic environment, innovation and improvement of management and production processes are crucial to ensure competitiveness in all sectors. Particularly in the agriculture sector, the precision farming techniques intend to combine data processing, GIS technology, global positioning systems, and other technologies in the countryside. Thus, the present paper proposed to describe the importance and consequence of incorporating precision farming techniques in a rural property from 2005 to 2015. Therefore, it intended to provide a wide knowledge related to food production – a global trend – and to demonstrate the influence of introducing and managing this technology inside rural areas. The reasonable manage of agricultural inputs, like fertilizers and pesticides, needs also to be highlighted as a way to sustain the environment and to avoid economic waste, increasing profits. So, the main goal was to describe the productive return achieved in a farm after the introduction of precision farming techniques. As well, it intended to list the core technology available in the market for these issue and to show how the farming data collection need to be carry out to provide a standard review that will support decision making. Besides, the investments required to purchase these technologies were also regarded through a market price survey making precision farming acceptable in the rural area. This analysis was based on the use of data obtained mainly in irrigated areas in order to minimize climate interference in productivity. These data were collected through a case study conducted in a large rural property located in Cruz Alta, Rio Grande do Sul, Brazil. The farmer owner was interviewed through a previously designed questionnaire. The main goal of this research has been achieved successfully. The property in study had showed a stable evolution in its annual average productivity due to the implementation of precision agriculture.

Key words: *Precision Agriculture Techniques. Productivity. Farming Property.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Ciclo da agricultura de precisão	37
Figura 02: Mapa de variabilidade de produtividade de milho (toneladas/hectare)....	44
Figura 03: Amostragem regular	46
Figura 04: Amostragem aleatória	46
Figura 05: Amostragem aleatória estratificada	46
Figura 06: Sinal recebido pelo receptor por multitrajetória	49
Figura 07: Resultado da utilização de um sistema de condução tradicional (a) e de um sistema de condução por GPS (b).....	51
Figura 08: Receptor <i>StarFire™</i> ITC.....	53
Figura 09: Piloto Auxiliar <i>Parallel Tracking</i>	54
Figura 10: Piloto Automático <i>AutoTrac</i>	55
Figura 11: Monitor <i>GS2 GreenStar™</i> 1800	55
Figura 12: <i>APEX – Software</i> de Gerenciamento Agrícola	56
Figura 13: <i>Raven SCS</i> 660.....	56
Figura 14: Monitor de Plantio <i>MPA 2500 Auteq</i>	57
Figura 15: Sinais dos satélites GPS e John Deere para uma máquina	58
Figura 16: Sinal do satélite sem e com correção.....	58
Figura 17: Equipamentos <i>GreenStar® Precision Farming System</i> instalados em uma máquina.....	59
Figura 18: Exemplos de sensores acoplados a colhedoras	60
Figura 19: Base RTK fixa (a) e Base RTK móvel (b).....	81
Figura 20: Sistema Global de Navegação por Satélite - distribuição dos satélites (a) e envio e correções dos sinais (b)	82
Figura 21: Sistema <i>RowCommand</i> (a) e plantação de milho com precisão (b).....	89
Figura 22: Distribuidor de sólidos <i>Dry Box</i>	90
Figura 23: Coleta de solo	100
Figura 24: Sistemas de amostragem de solo	101
Figura 25: Mapa de pontos de amostragem de solo	101
Figura 26: Mapa de análise de solo – fósforo (2006)	102
Figura 27: Mapa de análise de solo – fósforo (2009)	103
Figura 28: Mapa de análise de solo – fósforo (2012)	104

Figura 29: Mapa de aplicação localizada de calcário	105
Figura 30: Aplicação de calcário à taxa variável	106
Figura 31: Sistema de irrigação por pivô central em uma área de milho.....	109
Figura 32: Mapa de produtividade de soja (2015).....	114
Figura 33: Plantio com sistema RTK com piloto automático	118
Figura 34: Colheita com piloto automático	118

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Produção de grãos no Brasil – 1994 a 2015.....	68
Gráfico 02: Participação das <i>commodities</i> e dos produtos manufaturados nas exportações brasileiras no período de 2000 a 2011(%).....	70
Gráfico 03: Saldo comercial das <i>commodities</i> no período 2000 - 2011 (em US\$ milhões).....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Modelos e características da agricultura brasileira.....	28
Quadro 02: Variáveis selecionadas das empresas, segundo as atividades da indústria, do setor de eletricidade e gás e dos serviços selecionados - Brasil - período 2009 - 2011	30
Quadro 03: Receita média anual com exportações por produto	69
Quadro 04: Ranking mundial da produção e das exportações brasileiras do agronegócio em 2013.....	71
Quadro 05: Valores para a disponibilização dos sinais de satélites para a agricultura de precisão	80
Quadro 06: Preços do piloto automático John Deere	83
Quadro 07: Valor <i>Software Apex</i>	84
Quadro 08: Valor kit com sensores e placas	85
Quadro 09: Valor monitor de plantio.....	85
Quadro 10: Valor de um kit de equipamentos para a agricultura de precisão	86
Quadro 11: Valores dos equipamentos com itens de série para a agricultura de precisão.....	87
Quadro 12: Valores das plantadeiras a vácuo.....	88
Quadro 13: Valor do distribuidor de sólidos Dry Box John Deere	90
Quadro 14: Funcionários, propriedade e unidades tecnológicas inseridas e vendidas na área rural da empresa Sementes Aurora (2005 a 2015)..	94
Quadro 15: Dados de colheita da empresa Sementes Aurora (2008 e 2013)	95
Quadro 16: Dados de semeadura de verão da empresa Sementes Aurora (2008 e 2013)	96
Quadro 17: Dados de semeadura de inverno da empresa Sementes Aurora (2008 e 2013)	97
Quadro 18: Profissionais da empresa Sementes Aurora (2009, 2014 e 2015)	97
Quadro 19: Área de cultivo da empresa Sementes Aurora (%).....	98
Quadro 20: Valores da amostra de solo	99
Quadro 21: Diferença de produtividade em uma área com aplicação de fertilizantes de forma variável (2012 a 2015)	107

Quadro 22: Produtividade média anual na propriedade rural da empresa	
Sementes Aurora (2005 a 2015)	110
Quadro 23: Distribuição da receita da propriedade rural da empresa Sementes	
Aurora	115
Quadro 24: Ganhos de produtividade com o uso de sementes transgênicas	116
Quadro 25: Parque de máquinas da propriedade rural da empresa Sementes	
Aurora (2015)	117

LISTA DE ABREVIATURAS

- AMS:** *Agricultural Management Solutions* ou Soluções em Gerenciamento Agrícola
- AP:** Agricultura de Precisão
- APEX:** *Farm Management Software* ou *Software* de Gerenciamento Agrícola
- Bt:** *Bacillus thuringiensis*
- CAPTA:** Coordenação de Acompanhamento e Promoção da Tecnologia Agropecuária
- CBAP:** Comitê Brasileiro de Agricultura de Precisão
- CIB:** Conselho de Informações sobre Biotecnologia
- CONAB:** Companhia Nacional de Abastecimento
- CV:** Cavalo-Vapor
- DEAGRO/SPA:** Departamento de Comercialização e Abastecimento Agrícola e Pecuário
- DEPTA:** Departamento de Propriedade Intelectual e Tecnologia Agropecuária
- DGPS:** Sistema de Posicionamento Global Diferencial
- FAO:** *Food and Agriculture Organization*
- GIS:** *Geographic Information Systems* ou Sistema de Informação Geográfica
- GPS:** *Global Positioning System* ou Sistema de Posicionamento Global
- Ha:** Hectare
- INCRA:** Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
- KG:** Quilograma
- MAPA:** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
- MDIC:** Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
- OGM:** Organismo Geneticamente Modificado
- PCMCIA:** *Personal Computer Memory Card International Association* ou Associação Internacional de Cartões de Memória de Computadores Pessoais
- pH:** Potencial de Hidrogênio Iônico do Solo
- RR:** *Roundup Ready*
- RTK:** *Real Time Kinematic*
- S/A:** Disponibilidade Seletiva
- SEAGRI:** Secretaria de Gestão da Carteira Agrícola
- SECEX:** Secretaria de Comércio Exterior

SF1: *StarFire*

SF2: *StarFire*

SIG: Sistema de Informações Geográficas ou Sistema de Informações Georreferenciadas

UBS: Unidade de Beneficiamento de Sementes

VRT: *Variable Rate Technology*

WADGPS: *Wide Area Differential GPS*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO DO TEMA	16
2 AGRICULTURA DE PRECISÃO: UM NOVO CONCEITO EM GERENCIAMENTO AGRÍCOLA	20
2.1 ORIGEM E DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA.....	20
2.2 DIMENSIONAMENTOS DAS PROPRIEDADES RURAIS.....	25
2.3 INOVAÇÃO E INCORPORAÇÃO TECNOLÓGICA	29
2.4 AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	31
2.4.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA AGRICULTURA DE PRECISÃO	53
2.4.2 ASPECTOS ECONÔMICOS DA AGRICULTURA DE PRECISÃO NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE UM PAÍS	61
2.5 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO.....	63
2.6 <i>COMMODITIES</i> AGRÍCOLAS	68
2.7 ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS (OGMs)	72
3 METODOLOGIA.....	74
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	79
4.1 PESQUISA DE PREÇOS DE EQUIPAMENTOS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO	79
4.2 PESQUISA EM PROPRIEDADE RURAL QUE UTILIZA AGRICULTURA DE PRECISÃO EM ÁREA IRRIGADA	91
4.2.1 HISTÓRICO E LOCALIZAÇÃO DA PROPRIEDADE	91
4.2.2 ÁREA ATUAL DA PROPRIEDADE	93
4.2.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	94
4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	119
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
REFERÊNCIAS.....	128
APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA NA EMPRESA SEMENTES AURORA.....	137
APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA NA EMPRESA SLC COMERCIAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS LTDA.....	140
APÊNDICE C: CESSÃO DE DIREITOS SOBRE ENTREVISTA.....	141

1 INTRODUÇÃO DO TEMA

Com a globalização, o gerenciamento eficaz dos fatores de produção tem sido um desafio constante para os empresários. A definição de estratégias competitivas num cenário de constantes mudanças sociais e econômicas torna-se fundamental para o crescimento e a confiabilidade de uma empresa. A busca contínua pela inovação faz com que cada vez mais sejam aplicados estudos e investimentos para maximizar a produção, minimizar os custos e obter produtos qualificados que atendam a demanda e as exigências dos consumidores.

Na agricultura não poderia ser diferente, pois a cada dia o mercado torna-se mais competitivo e é preciso buscar alternativas para atender essa demanda em quantidade e qualidade. Sendo a terra um fator limitado, parte-se do princípio do aumento da produtividade mediante aplicações de tecnologias avançadas que possibilitem o aumento da produção e o uso racional dos insumos, evitando assim os desperdícios e os gastos desnecessários.

É nesse contexto que analisar-se-á a importância da agricultura de precisão em uma propriedade de grande porte, descrevendo seus custos de implantação e os seus impactos produtivos. Além disso, percebe-se que na atualidade há uma grande preocupação com a questão ambiental, onde a agricultura de precisão procura maximizar a produção, reduzir os custos dos fatores de produção e minimizar os impactos ambientais provenientes da introdução de novas tecnologias e de um novo modo de produção.

Outro fator a ser considerado na agricultura moderna é a capacidade gerencial dos produtores rurais. O agricultor necessita possuir uma base de dados considerável sobre sua lavoura para que a tomada de decisão seja rápida, precisa e eficiente. Além disso, terá condições de alocar racionalmente os recursos disponíveis, evitando desta maneira desperdícios dos fatores de produção. Nesse sentido, o tema abordado neste trabalho é a incorporação tecnológica em uma propriedade rural e os retornos produtivos ocasionados através da introdução das técnicas de agricultura de precisão.

A produtividade rural se relaciona a uma série de fatores, sendo que alguns destes independem da vontade humana, como o clima, e outros que resultam diretamente das ações tomadas pelo homem, como o uso de sementes fiscalizadas,

a aplicação de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos de forma eficaz e a implantação tecnológica no campo. Diante disso, esse trabalho procura responder a seguinte pergunta: quais são os impactos produtivos inclusos em uma propriedade rural com o uso das incorporações tecnológicas de agricultura de precisão?

Verifica-se que o atual cenário econômico mundial preocupa-se cada vez mais em expandir a tecnologia nos mais diversos setores, incrementando inovações tanto em processos como em produtos. Na agricultura, a busca por equipamentos cada vez mais sofisticados e precisos que proporcionem ganhos de produtividade e evitem desperdícios de insumos, tempo e mão-de-obra, são considerados fundamentais para manter a competitividade do setor.

Além disso, há uma constante preocupação no aumento da oferta mundial de alimentos, conforme publicado na Revista *AgriMotor* (2011), o relatório *Foresight Report on Food and Farming Futures* publicado no ano de 2011, no Reino Unido e divulgado no Brasil pelo Conselho de Informações sobre Biotecnologia (CIB), a produção de alimentos deve crescer 40% nas próximas duas décadas para evitar a fome global. Conforme relata o cientista John Beddington, chefe do conselho científico do governo e líder do programa *Foresight*, a população mundial chegará a aproximadamente 8 bilhões de habitantes em 20 anos, sendo um acréscimo de um bilhão de pessoas em relação ao atual momento.

Diante disso, a aplicação de tecnologias adequadas e a busca por novas alternativas devem ser consideradas para tornar as práticas agrícolas mais sustentáveis. Somente assim, as futuras gerações não terão agravadas as situações de fome que o mundo já está enfrentando atualmente.

Nesse contexto, justifica-se o presente estudo, pois proporcionará um amplo conhecimento em uma área de grande expansão e de tendência mundial - a produção de alimentos. Além disso, o atual cenário demonstra que o tema abordado desperta muitas dúvidas e curiosidades em relação ao seu funcionamento e a sua real abrangência, necessitando maiores esclarecimentos para a sua efetiva compreensão.

Também servirá de base para a continuação de novos estudos, pois estará oferecendo subsídios para acadêmicos que se interessam pelo tema. Maiores aprofundamentos poderão ser realizados, não somente para estudos de caso, como

proposto nesse trabalho, mas também, para a aplicação da tecnologia na agricultura em geral e a sua viabilidade econômica em pequenas e médias propriedades.

Além disso, o estudo poderá demonstrar para a sociedade o investimento necessário para tornar realizável a aplicação desta tecnologia em uma propriedade rural, bem como o retorno em termos de produtividade. Igualmente, proporcionará esclarecimentos de como a agricultura de precisão difere da agricultura tradicional em relação à preocupação com o meio ambiente, pois além dos ganhos de produtividade, há também um conceito de sustentabilidade envolvido neste sistema de produção agrícola.

Dadas essas circunstâncias, o objetivo geral desse trabalho visa analisar o retorno produtivo incluso mediante a introdução da agricultura de precisão no campo, a partir de um estudo de caso em uma propriedade rural de grande porte. Para tanto, será considerado, para fins de análise, um período anterior ao da incorporação das tecnologias de agricultura de precisão na área em estudo até o momento atual.

Porém, para que o objetivo geral seja atingido, foram estabelecidos quatro objetivos específicos, que são:

- a) verificar teoricamente como as novas tecnologias adotadas na agricultura de precisão influenciam o retorno quantitativo da produção;
- b) pesquisar quais inovações tecnológicas são necessárias para a incorporação da agricultura de precisão em uma propriedade rural;
- c) descrever os investimentos necessários para adquirir os principais equipamentos utilizados para a incorporação das técnicas da agricultura de precisão em uma lavoura; e
- d) verificar a produtividade média anual atingida em uma lavoura mediante a utilização das técnicas de agricultura de precisão, tendo por base o período anterior ao da incorporação dessa tecnologia até o momento atual, com ênfase especial nas culturas cultivadas em área irrigada.

A seguir, no capítulo 2, são abordados alguns pontos teóricos sobre a agricultura de precisão, onde são tratados os principais aspectos sobre a origem e o desenvolvimento da agricultura, bem como a classificação sobre o dimensionamento das mesmas. Além disso, são tratadas questões relacionadas à inovação e à incorporação de tecnologias na agricultura, os principais equipamentos utilizados e

os aspectos econômicos da agricultura de precisão relacionados ao desenvolvimento de um país. Também são descritos os principais tipos de irrigação existentes para os produtores e a abordagem teórica sobre organismos geneticamente modificados (OGMs).

Posteriormente, o capítulo 3 aborda a metodologia utilizada na realização desse trabalho. Foi identificado o tipo de pesquisa, o método, a unidade de estudo e a forma como foram coletados e tratados os dados. Outro fator contemplado neste capítulo é a maneira como foram atingidos os objetivos desta pesquisa.

O capítulo 4 abrange a apresentação e a análise dos resultados. Nele estão descritos os valores dos principais equipamentos utilizados para a incorporação da agricultura de precisão em uma propriedade rural. Além disso, este capítulo proporciona uma base de dados considerável dos principais indicadores produtivos atingidos em uma lavoura, obtidos através de um estudo de caso.

Finalmente, o capítulo 5 contempla as considerações finais obtidas com a realização desse trabalho. Estão relatados se os objetivos foram parcial ou totalmente atingidos e se os resultados obtidos são considerados satisfatórios ao propósito estabelecido por esta pesquisa.

2 AGRICULTURA DE PRECISÃO: UM NOVO CONCEITO EM GERENCIAMENTO AGRÍCOLA

Desde os tempos mais remotos, a humanidade vem passando por um longo processo de evolução. Os povos nômades passaram a ter acesso as mais sofisticadas tecnologias, especialmente para facilitar os trabalhos de manejo da terra.

Na agricultura atual, surge um novo conceito de gerenciamento, que parte de uma agricultura tradicional, onde as áreas são consideradas uniformes, para um sistema de agricultura de precisão. Esse sistema possui seu foco voltado para a aplicação localizada dos fatores de produção, racionalizando o uso dos recursos disponíveis, em busca da maximização da produtividade, além de manter uma preocupação com o meio ambiente.

Nesse sentido, a revisão teórica deste trabalho tem por base, primeiramente, expor a origem da agricultura, a sua evolução ao longo do tempo e como são classificadas atualmente as propriedades quanto ao seu dimensionamento, além de abordar a inserção da tecnologia no campo e alguns aspectos econômicos da agricultura de precisão no desenvolvimento de um país. Num segundo momento, procura-se descrever a agricultura de precisão, como ela é aplicada e quais os equipamentos que dela fazem parte para a obtenção de retornos produtivos. Além disso, serão abordados alguns conceitos sobre sistemas de irrigação, commodities agrícolas e Organismos Geneticamente Modificados (OGM).

2.1 ORIGEM E DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA

A palavra agricultura originou-se do latim *ager* ou *agri* que significa campo, e de *cultura* que significa cultivo. Portanto, a palavra agricultura pode ser definida como o cultivo do campo. Também pode definir-se como a “ciência ou arte de obter do solo, por meio de adequada exploração, os produtos vegetais e animais úteis ao homem” (LUZ, 1990, p. 07).

Conforme descrito na Enciclopédia Delta Universal (1982), há milhares de anos os homens pré-históricos recolham seu alimento na natureza e se vestiam com

plantas silvestres ou peles de animais. Passavam a vida vagando à procura de alimentos.

De acordo com Luz (1990), os homens primitivos viviam em grupos ou tribos e ocupavam regiões onde houvesse caça, pesca e frutos para sua alimentação. Eram considerados nômades, pois quando os alimentos se tornavam escassos, mudavam-se para outras regiões. O homem vivia para comer. Não plantava ou criava, somente colhia.

Ainda segundo o mesmo autor, a disponibilidade de alimentos foi se tornando difícil, devido ao aumento das tribos, o que obrigou o homem a fixar-se num local e começar a produzir, originando a agricultura. Deixou de ser nômade, tornando-se sedentário. Foram necessários muitos anos para que aprendesse a pastorear e cultivar, mas foi a partir daí que a agricultura foi evoluindo. Novos produtos, métodos e instrumentos foram criados até se atingir a modernidade atual.

A Enciclopédia Delta Universal (1982) destaca que aos poucos os homens aprenderam a plantar, cultivar e a domesticar animais. Criaram o primeiro arado, constituído de um bastão que o homem mantinha na posição certa, enquanto que um ou dois outros homens o arrastavam pelo solo. Mais tarde, treinaram o boi, o cavalo e outros animais para puxá-lo.

Visando substituir os animais na tração das máquinas agrícolas, foi construída a primeira máquina a vapor sobre quatro rodas em 1850 com o objetivo de rebocar os arados. Porém, eram muito grandes e difíceis de serem dirigidas devido ao seu excessivo peso. Com o passar do tempo, foram substituídas por máquinas menores e, a partir de 1906, surge o trator (PONS, 1998).

Da mesma maneira, Canêdo (1996), destaca que as inovações tecnológicas do século XVIII demonstram o aparecimento de máquinas modernas (rápidas, regulares e precisas). Também menciona a utilização do vapor para acionar as máquinas, substituindo a energia muscular, eólica e hidráulica, e a melhoria no trabalho de novas matérias-primas, o que impulsionou a metalurgia e a indústria química. Segundo a autora, essas inovações marcam a passagem de uma economia agrária e artesanal para uma economia dominada pela indústria e máquinas.

À medida que os métodos agrícolas se aperfeiçoavam, diminuía o número de pessoas necessárias para o cultivo da terra ou para a criação de animais. Neste contexto, Pons (1998), enfatiza que a introdução de máquinas veio acompanhada,

em muitos lugares, de dificuldades e conflitos trabalhistas. Os trabalhadores nem sempre receberam bem as máquinas, pois estas possibilitavam a redução ou a eliminação do trabalho realizado pelo homem.

Os operários reagiram à fábrica denunciando-a como um acontecimento ilegal e imoral, quebrando as máquinas que simbolizavam a desqualificação do seu trabalho. Essa reação marcou a primeira fase da Revolução Industrial, com a utilização do trabalho de crianças e mulheres e uma jornada entre doze e dezenove horas diárias, com uma disciplina com rigor extremado. Existiam essas normas porque os empregadores não confiavam na teoria de que salários e jornadas menores pudessem aumentar a produtividade (CANÊDO, 1996).

Porém, a mecanização da agricultura, ao se exigir maior esforço intelectual do que braçal, promoveu a civilização e a cultura, proporcionando conforto no trabalho e melhorando a qualidade de vida dos camponeses. Esta mecanização não aconteceu ao mesmo tempo em todos os países do mundo. Foram líderes no uso de máquinas nos campos os Estados Unidos e a Inglaterra (PONS, 1998).

Esse contexto, Canêdo (1996), enfatiza que houve a consolidação de novas formas de organização do trabalho produtivo. A produção domiciliar passou a fábricas movidas a vapor e essas transformações constituíram a Revolução Industrial.

Na abordagem econômica, constata-se que a terra foi tema de destaque na história do pensamento econômico, gerando várias teorias e diferentes enfoques sobre o assunto. Thomas Robert Malthus formulou sua teoria com base na observação do crescimento da população mundial. Neste sentido, Malthus (1996) enfatiza que o poder de crescimento da população é indefinidamente maior do que o poder da terra de produzir os meios de subsistência para essa população. Isso ocorre por que a população, quando não controlada, cresce numa progressão geométrica (1,2,4,8,16,32,64,128...), enquanto que os meios de subsistência crescem apenas numa progressão aritmética (1,2,3,4,5,6,7,8...). Assim, na visão deste, chegar-se-ia a um ponto em que o nível de crescimento populacional superaria o crescimento de alimentos, provocando falta de abastecimento. O mesmo autor afirmou que a população se duplicaria a cada 25 anos, quando não controlada, mas a produção de alimentos não cresceria na mesma proporção.

Porém, Alves (2002) destaca que o princípio malthusiano superestima o poder de crescimento da população e subestima a capacidade de crescimento dos meios de subsistência. Sua teoria se baseia na chamada “lei dos rendimentos decrescentes” para afirmar que os meios de subsistência cresceriam somente a uma progressão aritmética. Ele ignora a possibilidade de um avanço tecnológico capaz de elevar a taxa de produtividade agrícola.

Lenz (1985) relata ainda que, para Malthus, a principal causa da existência de renda da terra é o excesso do preço sobre o custo de produção. Nesse sentido, a renda da terra pode ser explicada por três elementos. Primeiro, a qualidade da terra; segundo, o caráter peculiar do produto que cria sua própria demanda; e terceiro, a escassez relativa das terras mais férteis. Portanto, a renda da terra não se constitui em uma transferência de valor, mas é causada pela fertilidade do solo e sua formação histórica é sempre acompanhada por uma redução nos salários e nos lucros.

David Ricardo (*apud* REIS, 2005) é outro nome em destaque sobre os estudos da renda da terra. A análise da renda da terra segundo esse teórico é abordada na teoria dos rendimentos decrescentes. O núcleo do modelo ricardiano poderia ser resumido da seguinte forma:

Aceitando os princípios de Malthus relativos à população, Ricardo via que (1) o aumento da população leva a uma maior demanda de alimentos, (2) que leva a expandir a agricultura para terras menos férteis, (3) que leva a custos mais altos na agricultura, (4) que leva a preços mais altos para os alimentos, (5) que leva a pagar mais aos trabalhadores, (6) que leva a lucros menores para os empresários, (7) que leva a pagamentos mais altos àqueles que possuem as melhores terras (BUCHHOLZ *apud* REIS, 2005, s/p).

Blaug (*apud* REIS, 2005) retrata ainda que a renda da terra para Ricardo era a diferença entre o total produzido e o produzido na última terra cultivável. Com terras de diferentes qualidades, a renda econômica (diferencial) cresceria, e o fenômeno que explica isso é a escassez, no caso, de terras.

Ricardo supõe que as terras são desiguais devido à fertilidade natural e as distâncias em relação ao mercado. Mediante a necessidade do aumento da produção agrícola, os proprietários de terras seriam induzidos a buscar novas terras. Devido a escassez, essas encontravam-se mais distantes do mercado e eram

menos férteis. Isso fazia com que a renda das primeiras terras (de qualidade superior) se elevasse e determinasse o preço das demais terras. Conseqüentemente, o preço do produto da terra se elevaria, encarecendo o custo de vida do trabalhador, exigindo-se maiores salários. Isso repercutiria na queda da taxa de lucro do capitalista (HUNT, 1981).

Portanto, a solução para evitar o aumento dos salários seria a produção de alimentos a custos menores. Para isso, dever-se-ia evitar a produção em terras menos férteis, estimulando, portanto, o aumento da produtividade agrícola que, segundo Schumpeter, seria possível através da inovação tecnológica.

Schumpeter (1985) destacou a introdução de uma nova variável – inovação tecnológica. Descreve que o desenvolvimento somente iria ocorrer com a realização de novas combinações, ou seja, a introdução das inovações. Estas podem ocorrer mediante a introdução de um novo bem ou de uma nova qualidade de um bem; a introdução de um novo método de produção; a abertura de um novo mercado; a conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados; ou o estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria.

Seguindo esta linha da implantação da inovação, verifica-se que outros autores também abordam sobre a importância do assunto. Dosi (1988) menciona que a inovação refere-se essencialmente a procura, a descoberta e a experimentação ao desenvolvimento, bem como a imitação e a adoção de novos produtos aos novos processos de produção e as novas formas de organização.

Na agricultura, o processo de implementação da inovação é fundamental. Porém, Johnson e Evenson (1999) afirmam que o grau de eficiência tecnológica varia entre os produtores. Esta variação ocorre através das diferenças na capacidade de absorção do conhecimento externo (fator endógeno) e pelo clima agrícola e diversidade geográfica (fator exógeno). Nesse sentido, cada região apresentará produtividades diferentes, devido às especificidades locais. Além disso, a distribuição geográfica desigual dos recursos naturais e financeiros explicaria, em parte, o crescimento diferenciado encontrado nas diferentes regiões.

Dosi (1988) considera ainda que o setor agrícola é um grande importador de tecnologia, e que as inovações incorporadas na agricultura são provenientes de outros setores. Os equipamentos seriam adquiridos de indústrias e transferidos para

o setor agrícola, proporcionando tecnologias exógenas. Com isso, as atividades agrícolas apresentariam baixa capacidade de cumulatividade tecnológica, sendo o setor dominado por fornecedores.

Para Mill (1983), os aperfeiçoamentos na agricultura são fundamentais para o desenvolvimento econômico de uma sociedade. Isso gera impactos tanto na redução do custo dos alimentos e outros produtos consumidos pelos trabalhadores, bem como na redução dos custos dos insumos de origem agrícola utilizados na indústria.

O mesmo autor salienta que o impacto das inovações ocorre de duas maneiras. Primeiro, inovações que economizam trabalho, onde é possível produzir a mesma quantidade de produto, utilizando-se a mesma área, porém com redução do número de trabalhadores. Segundo, inovações que economizam terra, onde a mesma área e o mesmo número de trabalhadores conseguem produtos maiores quantidades de produtos, aumentando dessa maneira os lucros.

A introdução da inovação num determinado estabelecimento agrícola, segundo Silva e Rocha (2007) *apud* Lefort (1990), pode ocorrer gradualmente ao longo do tempo devido a sua viabilidade. A adoção dessa inovação pode ocorrer em fases, sendo classificadas como informação, adaptação, adoção e domínio.

Em relação ao dimensionamento das propriedades rurais, estas possuem uma classificação específica. Nesse sentido, serão destacadas as principais características de cada uma.

2.2 DIMENSIONAMENTOS DAS PROPRIEDADES RURAIS

Imóvel rural é uma área formada de uma ou mais matrículas de terras contínuas, sendo estas do mesmo detentor (proprietário ou posseiro), podendo estar localizada na zona rural ou urbana do município. O que caracteriza um imóvel como rural, para a legislação agrária, é a sua destinação agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agroindustrial, conforme descrito na Lei n.º 8.629, de 25 de fevereiro de 1993 (INCRA *apud* MASCARENHAS, 2012).

O mesmo autor salienta que o termo áreas contínuas significa áreas confrontantes que pertencem a um mesmo detentor, constituindo um único imóvel. Cada uma pode possuir o seu próprio registro/matricula, e pode haver interrupções

físicas como estradas, cursos d'água, entre outros, desde que o tipo de exploração seja o mesmo.

As unidades de medida agrária são expressas em módulo rural e módulo fiscal. O módulo rural (MR) é estabelecido pelas dimensões da propriedade familiar, representando uma área mínima de terra calculada para cada imóvel rural, conforme estabelece o Estatuto da Terra. Tem como finalidade primordial estabelecer uma unidade de medida, que expresse a interdependência entre dimensão, situação geográfica dos imóveis rurais e a forma e condições do seu aproveitamento econômico (TEIXEIRA, 2015).

O módulo fiscal (MF), segundo o mesmo autor, é medido em hectares (ha) e definido por município. A tabela da quantia de hectares correspondente a cada módulo fiscal, conforme o município, está anexa à Instrução Especial Incra nº 20, de 1980. Municípios criados após este ano tiveram o valor de seu módulo fiscal fixado por outros atos normativos daquela autarquia federal.

A classificação dos imóveis rurais, segundo o estatuto da terra, divide-se em propriedade familiar, minifúndio, latifúndio e empresa rural. Já de acordo com a Constituição Federal, a classificação é definida por pequena propriedade, média propriedade e propriedade produtiva (BORGES, 2015).

Em relação ao tamanho da área, o INCRA (2015), define os imóveis rurais da seguinte maneira:

- a) **Minifúndio:** imóvel rural com área inferior a 1 (um) módulo fiscal;
- b) **Pequena Propriedade:** imóvel rural com área entre 1 (um) e 4 (quatro) módulos fiscais;
- c) **Média Propriedade:** imóvel rural com área superior a 4 (quatro) e até 15 (quinze) módulos fiscais;
- d) **Grande Propriedade:** imóvel rural com área superior 15 (quinze) módulos fiscais.

A classificação em relação ao tamanho dos imóveis rurais leva em conta o módulo fiscal (e não apenas a metragem). A quantia de hectares de cada módulo fiscal varia de acordo com cada município (INCRA, 2015).

O minifúndio é considerado o imóvel rural de área e possibilidades inferiores às da propriedade familiar. Portanto, é o imóvel com dimensão inferior ao necessário para o progresso social e econômico do proprietário e de sua família (agricultor

familiar). Sabendo-se que o módulo fiscal é fixado para o município, e tendo em vista as tecnologias disponíveis, seria necessário o recálculo periódico do módulo fiscal, pois dependendo do tipo de exploração, do local e da qualidade da terra, é possível garantir progresso social e econômico em áreas menores que as do módulo fiscal (HEINEN, 2015).

A propriedade familiar, conforme Teixeira (2015), representa o imóvel rural que seja direta e pessoalmente explorado pelo agricultor e sua família, absorvendo-lhes toda a força de trabalho. Também é necessário que esta lhes garanta a subsistência e o progresso social e econômico, com área máxima fixada para cada região e tipo de exploração, podendo eventualmente ser trabalhada com a ajuda de terceiros.

De acordo com Heinen (2015), a pequena, a média e a grande propriedade rural não tem uma definição específica na legislação, estando associadas apenas à quantia de módulos fiscais. Porém, convém mencionar que a pequena e a média propriedade estão isentas de desapropriação, a menos que o proprietário tenha outros imóveis.

Já o latifúndio é considerado como o imóvel rural que é inexplorado ou explorado inadequada ou insuficientemente. Pode ser ainda porque tem grande dimensão a ponto de ser incompatível com a justa distribuição da terra (HEINEN, 2015).

Segundo Silva (2015), as propriedades podem ser classificadas ainda como produtivas e improdutivas. A propriedade produtiva é a pequena, a média e a grande propriedade que atingem os níveis de produção e produtividade exigidos por lei. Já a propriedade improdutiva é aquela que não alcança os índices de produção e produtividade estabelecidos em lei, independente do tamanho (pequena, média ou grande propriedade). Possuindo acima de 15 módulos fiscais, é passível de desapropriação para fins de reforma agrária, pois se classifica como grande propriedade improdutiva.

Já a empresa rural, como empreendimento econômico, pode ser definida como exploradora da atividade agrária utilizando a força de trabalho de terceiros. Seu objetivo principal é o lucro, através da venda da produção. Na empresa rural verifica-se a associação da terra, do capital, do trabalho e das técnicas empregadas na realização da atividade agrária, dentro de um fim econômico. O tamanho da sua

área de exploração pode ser igual ou superior ao da propriedade familiar, embora alguns entendem que necessariamente a área deve ser superior ao da propriedade familiar (SILVA, 2015).

Azevedo e Pessôa (2011), enfatizam também que a agricultura brasileira pode ser classificada em agricultura patronal e agricultura familiar. Estas apresentam características específicas, conforme apresentado no quadro 01:

Quadro 01: Modelos e características da agricultura brasileira

AGRICULTURA PATRONAL	AGRICULTURA FAMILIAR
Total separação dos fatores gestão e trabalho	Gestão e trabalho intimamente relacionados
Organização centralizada	Processo produtivo dirigido diretamente pelo agricultor
Ênfase na especialização	Ênfase na diversificação
Ênfase em práticas agrícolas padronáveis	Ênfase na durabilidade dos recursos naturais e na qualidade de vida
Predomínio do trabalho assalariado	Trabalho assalariado é apenas complementar
Tecnologias direcionadas à eliminação das decisões "de terreno" e "de momento"	Decisões imediatas, adequadas ao alto grau de imprevisibilidade do processo produtivo
Tecnologias buscam principalmente a redução das necessidades de mão de obra	Decisões tomadas "in loco", condicionadas pelas especificidades do processo produtivo
Ênfase no uso de insumos comprados	Ênfase no uso de insumos internos

Fonte: FAO/INCRA, 1994, *apud* Azevedo e Pessôa (2011).

Além disso, Borges (2015), argumenta ainda que a propriedade necessita desempenhar sua função social. Para exercer essa função integralmente, precisa que, simultaneamente, favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores, bem como de suas famílias; mantenha níveis satisfatórios de produtividade; assegure a conservação dos recursos naturais e observe as disposições legais que regulam as relações de trabalho entre os que possuem e os que cultivam a propriedade.

Desse modo, a introdução da inovação tecnológica na agricultura torna-se fundamental para racionalizar o uso de insumos, aumentar a produtividade e maximizar a receita. A seguir serão destacadas algumas características da inovação e incorporação tecnológica.

2.3 INOVAÇÃO E INCORPORAÇÃO TECNOLÓGICA

Segundo o Ministério das Comunicações (2012), inovações tecnológicas são consideradas todas as novidades introduzidas pelo setor produtivo, através de pesquisas ou investimentos, aumentando a eficiência do processo produtivo ou resultando em um novo ou aprimorado produto. Essas inovações tecnológicas caracterizam-se como sendo de produto ou de processo.

A mesma fonte define que a inovação de produtos tecnologicamente novos são produtos com características tecnológicas ou usos pretendidos diferentes daqueles produzidos anteriormente. A inovação de produtos tecnologicamente aprimorados são produtos já existentes que tiveram seus desempenhos significativamente aprimorados ou elevados. Já a inovação tecnológica de processos é a adoção de métodos produtivos novos ou significativamente melhorados, incluindo métodos de entrega de produtos.

Seguindo esta linha, Bachmann (2010), cita que segundo o Manual de Oslo, as inovações classificam-se em:

- a) **Inovação de produto:** refere-se a um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado;
- b) **Inovação de processo:** retrata um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado;
- c) **Inovação de marketing:** representa um novo método de marketing com mudanças significativas na concepção do produto ou embalagem, posicionamento do produto, promoção ou fixação de preços;
- d) **Inovação organizacional:** expressa um novo método organizacional nas práticas dos negócios da empresa, organização do local de trabalho ou nas suas relações externas.

A seguir, o quadro 02 retrata a quantia de empresas situadas no Brasil que introduziram ou implantaram algum tipo de inovação no período de 2009 a 2011:

Quadro 02: Variáveis selecionadas das empresas, segundo as atividades da indústria, do setor de eletricidade e gás e dos serviços selecionados - Brasil - período 2009 - 2011

Atividades da indústria, do setor de eletricidade e gás e dos serviços selecionados	Empresas			
	2009-2011			
	Total	Que implementaram		
Inovação de produto e/ou processo		Apenas projetos incompletos e/ou abandonados	Apenas inovações organizacionais e/ou de <i>marketing</i>	
Total	128 699	45 950	3 158	44 955
Indústrias extrativas	2 421	458	129	1 146
Indústrias de transformação	114 212	41 012	2 615	40 166
Eletricidade e gás	503	222	60	128
Serviços	11 564	4 258	354	3 516

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Indústria, Pesquisa de Inovação 2011, *apud* Pintec (2015).

Segundo a Pintec (2015), nos períodos apresentados no quadro 02, foram consideradas as empresas que implementaram produto e/ou processo novo ou substancialmente aprimorado, bem como aquelas que desenvolveram projetos que foram abandonados ou ficaram incompletos, além das que realizaram inovações organizacionais e/ou de marketing.

Já a incorporação de novos conhecimentos aos sistemas de produção agrícola, conforme Lamas (2013), é realizada a partir dos resultados de pesquisa disponibilizados especialmente na forma de produtos e processos. Na maioria dos casos, o conhecimento é incorporado ao sistema de produção quando este for a solução para suprir as necessidades do produtor.

Além disso, Lopes (2015), enfatiza que a busca do desenvolvimento sustentável representa um dos grandes desafios à humanidade, especialmente para o Brasil. Ao longo dos séculos, o país tem evoluído através de um modelo de desenvolvimento que vai do extrativismo e da agricultura de subsistência para uma exploração agroindustrial intensa, com a aplicação de tecnologias modernas que, em muitos casos, ocupa e utiliza de forma desordenada os recursos do ambiente, colocando em risco a rica base de recursos naturais.

Lamas (2013), destaca que grandes esforços serão necessários para levar aos mais diferentes modelos de produção existentes a informação e o conhecimento, considerando-se que a sustentabilidade da atividade agrícola passa

necessariamente pela incorporação de novos conhecimentos ao sistema produtivo. Para que o processo seja eficaz, devem ser considerados nesse processo, principalmente, aspectos sociais e culturais. Desta forma, é fundamental conhecer em profundidade o público a ser trabalhado, bem como suas necessidades, aspirações e como tomam decisões, além de conquistar sua confiança.

Os sistemas de inovação para a agricultura terão cada vez mais, que se referenciem em aspectos que compreendam outras dimensões e valores, e não tão somente em sua visão utilitária da agricultura, que se detém como produtora de alimentos e matérias-primas essenciais para a sobrevivência e o progresso do homem. Em relação aos valores de natureza econômica, a sociedade exige que o processo de inovação incorpore valores de natureza cultural, valores do ambiente físico e do espaço geográfico, valores ecológicos, entre outros, aos seus modelos de priorização (LOPES, 2015).

A agricultura de precisão, foco central deste estudo, é uma forma de inovação. A seguir abordar-se-á sobre as principais características da agricultura de precisão.

2.4 AGRICULTURA DE PRECISÃO

O uso de máquinas na agricultura tem sido um processo articulado com as características culturais, sociais e econômicas dos agentes envolvidos. Em sua forma mais primitiva, a mecanização da agricultura baseava-se em função das necessidades específicas dos indivíduos, onde eles inventam, adaptam ou constroem suas próprias ferramentas. Porém, a sociedade moderna é dinâmica, as mudanças ocorrem mais velozmente e as tomadas de decisões se tornam comuns na vida cotidiana, o que resulta em uma demanda cada vez maior de novas informações (MIALHE, 1996).

Conforme Coelho e Silva (2009), a agricultura foi evoluindo e modificando-se muito lentamente ao longo dos séculos. Nos últimos cento e vinte anos, a mesma sofreu uma enorme transformação. Primeiro, a agricultura mecanizou-se e, mais tarde, nos últimos cinquenta anos, as máquinas passaram a ter mecanismos de assistência no comando e controle. Finalmente, ao longo da última década, houve uma crescente adoção e integração das tecnologias de informação na agricultura.

Nunes (2007), destaca ainda que a agricultura é dependente do que acontece na economia mundial como um todo. As principais transformações ocorridas na agricultura mundial tiveram início com a Revolução Verde, iniciada após o fim da Segunda Guerra Mundial, e seguiu com as transformações mais recentes, a partir do início dos anos 1990, marcada pela globalização econômica e pela constituição de grandes empresas, agroindústrias e varejistas, que controlam o mercado mundial. Nesse sentido, o processo de modernização conhecido como Revolução Verde consistiu na utilização de máquinas, insumos e técnicas produtivas que permitiram aumentar a produtividade do trabalho e da terra.

Numa economia globalizada e competitiva, inovar se torna fundamental em todos os setores da economia. Schumpeter (1985), já mencionava que somente haverá desenvolvimento pela realização de novas combinações, ou seja, inovações. Esse conceito engloba os seguintes casos: introdução de um novo bem ou de uma nova qualidade de um bem; introdução de um novo método de produção; abertura de um novo mercado; conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados; ou o estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria.

Na agricultura, segundo Mendes e Júnior (2007), existem basicamente três principais fatores responsáveis pelo crescimento da produção. Esses fatores podem ser classificados da seguinte maneira: expansão da área agrícola, incremento na frequência do cultivo (uso de técnicas de irrigação) e ganhos de produtividade (tecnologia).

A pesquisa em questão trata dos ganhos de produtividade em área irrigada, e, de acordo com Mendes e Júnior (2007), uma das maneiras de conseguir estes ganhos é obter maior produção por unidade de fator utilizado, em especial o fator terra. O caminho para esse aumento da produtividade é a adoção generalizada das várias tecnologias já disponíveis nos países desenvolvidos, mas ainda pouco difundidas nas regiões menos desenvolvidas.

Mialhe (1996), destaca também que devemos acrescentar o papel da informática na gestão dos meios de produção, cujo potencial depende da competência e da capacidade para municiamento de informações. Salienta-se que o uso racional de máquinas na agricultura vem se tornando uma questão cada vez mais complexa e altamente especializada. Isso transforma a agricultura mais

mecanizada não apenas em termos quantitativos, mas também em relação à complexidade das máquinas.

Fato é que a globalização da economia e a competitividade de preços dos produtos têm direcionado o setor agrícola a buscar maior eficiência e melhor controle de informações no campo. Um grande volume de informações (que variam no tempo e no espaço) são fundamentais para obter o máximo de rendimento e o mínimo de degradação (LAMPARELLI; ROCHA; BORGHI, 2001).

Balastreire e Rossi (1999), afirmam que todo agricultor possui um conhecimento intuitivo, responsável pela variabilidade espacial em sua propriedade e em relação aos mais diversos aspectos. Dentre esses, destacam-se: nutrientes, compactação, plantas daninhas, doenças e pragas do solo, umidade do solo e drenagem.

Seguindo esta tendência, a agricultura sentiu a necessidade de buscar alternativas de aperfeiçoar seu sistema produtivo, implantando desta maneira a agricultura de precisão (AP). Molin (2002), salienta que a agricultura de precisão é uma forma desafiadora de gerenciar o sistema de produção, visto que a lavoura não é uniforme, o que significa que cada parte da área a ser produzida necessita de quantias diferentes de micronutrientes, bem como possui infestações de pragas e ervas daninha de modo desigual. Destaca ainda que, além da precisão, é a agricultura da informação, pois com a aplicação destas técnicas e tecnologias, o produtor tem condições de conhecer cada talhão da terra, formando um histórico da lavoura e possibilitando uma tomada de decisão precisa, eficiente e em curto espaço de tempo.

Desta forma, pode-se definir que a “agricultura de precisão é um conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado de culturas” (BALASTREIRE; ROSSI, 1999, p. 08). Esta definição vem ao encontro do seguinte conceito:

Agricultura de precisão é um termo utilizado para descrever a busca do crescimento em eficiência através do gerenciamento localizado da agricultura. A agricultura de precisão visa a uma otimização na produção, através de aplicação localizada de insumos, reduzindo a contaminação da água e dos alimentos e proporcionando uma melhor cobertura contra a erosão (LAMPARELLI; ROCHA; e BORGHI, 2001, p. 10).

Nunes (2014), enfatiza que a agricultura de precisão é uma filosofia de gerenciamento agrícola, que parte de informações exatas, precisas e se completa através de decisões exatas tomadas por seus gerenciadores. É uma maneira de gerir um campo produtivo, considerando que cada pedaço da fazenda possui propriedades diferentes. Nesse sentido, o principal conceito é o de aplicar os insumos no local correto, no momento adequado e nas quantidades exatas. É um sistema de manejo de produção integrado, que tenta igualar a quantidade e o tipo de insumos com as necessidades de cada cultura em pequenas áreas dentro de um campo da propriedade.

Seguindo esta linha de pensamento, Inamasu *et. al.* (2011b), destaca que a agricultura de precisão é um conjunto de tecnologias destinadas ao manejo de solos, culturas e insumos, visando um melhor e mais detalhado gerenciamento do sistema de produção agrícola em todas as etapas, desde a semeadura até a colheita. Nesse contexto, a agricultura de precisão tem como foco a gestão de sistemas produtivos, considerando a variabilidade espacial e temporal e visando minimizar o efeito negativo ao meio ambiente, maximizando o retorno econômico.

De acordo com Coelho *et. al.* (2009), a gestão da variabilidade espacial das características de uma parcela da lavoura (também chamada de gestão intra-parcelar), pode ser considerada o principal objetivo da agricultura de precisão. Geralmente, estas características estão associadas ao tipo de solo, como a capacidade de armazenamento de água, teor de nutrientes, potencial de hidrogênio iônico do solo (pH) ou matéria orgânica. Porém, existem outras variáveis que também são responsáveis pela variabilidade espacial da produtividade das culturas, mas que nem sempre recebem o mesmo tratamento das anteriores, como o declive, a exposição ao sol ou a existência de pragas e/ou doenças.

Entretanto, o mesmo autor menciona ainda que, além da variabilidade espacial, há a variabilidade temporal. Na medida em que há variáveis que pouco variam no decurso do tempo, como o pH do solo, outras se alteram muito rapidamente, como o teor em água do solo.

Existem, atualmente, resultados práticos e pesquisas que mostram que a aplicação de insumos a taxa variável, comparados com a aplicação feita de maneira tradicional, ou seja, uniformemente na área, apresentam uma otimização dos volumes necessários utilizando-se a agricultura de precisão. Com isso, há

significativa redução de custos e de desperdícios, com ganhos econômicos e ambientais. Porém, o autor enfatiza que estas experiências ostentam que a AP não se limita a procedimentos que exigem aparelhos de alta sofisticação e investimentos caros. Qualquer propriedade, inclusive a familiar, pode adotar alguns desses procedimentos e equipamentos, a custos mais baixos, iniciando, por exemplo, por operações consideradas fundamentais, como correções de solos, detecção de pragas e doenças, fertilidade, entre outros (INAMASU *et. al.*, 2011b).

Outro aspecto levantado refere-se ao agronegócio brasileiro, sendo que a agricultura de precisão pode ser considerada:

uma plataforma tecnológica extremamente importante para garantir a competitividade e sustentabilidade do agronegócio brasileiro, sobretudo frente ao cenário de elevados custos dos insumos e da necessidade de redução dos impactos ambientais gerados pela atividade agropecuária. Constitui um conjunto de tecnologias que permite uma exploração mais racional dos sistemas produtivos, otimizando o uso dos insumos (agrotóxicos, corretivos, fertilizantes e combustíveis), reduzindo os impactos ambientais aumentando a lucratividade e melhorando a gestão da atividade (FILHO, 2011, p. 329).

Cabe ressaltar que a origem da agricultura de precisão tem suas raízes na pressão por uma agricultura menos agressiva ao meio ambiente nos países europeus e, logo em seguida, nos Estados Unidos. O carro chefe no desenvolvimento dessa tecnologia foi a necessidade da dosagem de insumos que permitam maximizar a produção, sem que excedentes de fertilizantes e defensivos comprometam a qualidade, especialmente da água. Porém, essa teoria continuava inacessível ao produtor comum, pois não havia à disposição um sistema simples, funcional e preciso de localização no campo. Dificuldade que foi superada com o *Global Positioning System* ou Sistema de Posicionamento Global (GPS) (MOLIN, 2014).

Segundo Inamasu *et. al.* (2011a), o início da agricultura de precisão tinha seu foco voltado para máquinas dotadas de receptores GPS e mapas de produtividade. Possivelmente, devido a essa fase, estabeleceu-se no Brasil que o tema da AP está relacionado à sofisticação das máquinas agrícolas por meio de eletrônicos e sistemas computacionais complexos, apesar do impacto final objetivar a sustentabilidade do agronegócio. A falta de máquinas e os custos das mesmas eram

apontados como obstáculos, mas hoje em dia o GPS e os sistemas computacionais alcançaram um custo que viabilizam o seu emprego, mesmo em equipamentos de uso pessoal.

Inamasu *et. al.* (2011a), aponta ainda que a nova fase da agricultura de precisão no mundo avançou além das culturas de milho e soja, e esse conceito pode ser aplicado a todas as culturas nas quais a variabilidade espacial esteja presente. Gerenciar a variabilidade espacial e maximizar o retorno econômico minimizando os efeitos ao meio ambiente tem sido o objetivo principal da AP.

No Brasil, conforme Filho (2011), o fomento à agricultura de precisão pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) iniciou-se com a criação da Coordenação de Acompanhamento e Promoção da Tecnologia Agropecuária (CAPTA) e do Departamento de Propriedade Intelectual e Tecnologia Agropecuária (DEPTA) em 2005. A missão de promover o desenvolvimento sustentável e a competitividade do agronegócio em benefício da sociedade brasileira criou um ambiente favorável e inovador para esse fomento.

Em 2007, o setor produtivo e a academia liderados pelo MAPA, unificaram seus esforços e criaram o Comitê Brasileiro de Agricultura de Precisão (CBAP). Esse Comitê possui caráter consultivo e propositivo e vem buscando soluções para os principais gargalos que limitam o desenvolvimento da AP no Brasil. Entre suas ações estão a criação de um edital específico para pesquisas na área, a análise para viabilização de cursos de capacitação técnica para técnicos e operadores de máquinas com tecnologia eletrônica, e o apoio a projetos para disponibilizar essa tecnologia aos produtores, principalmente aos pequenos e médios (FILHO, 2011).

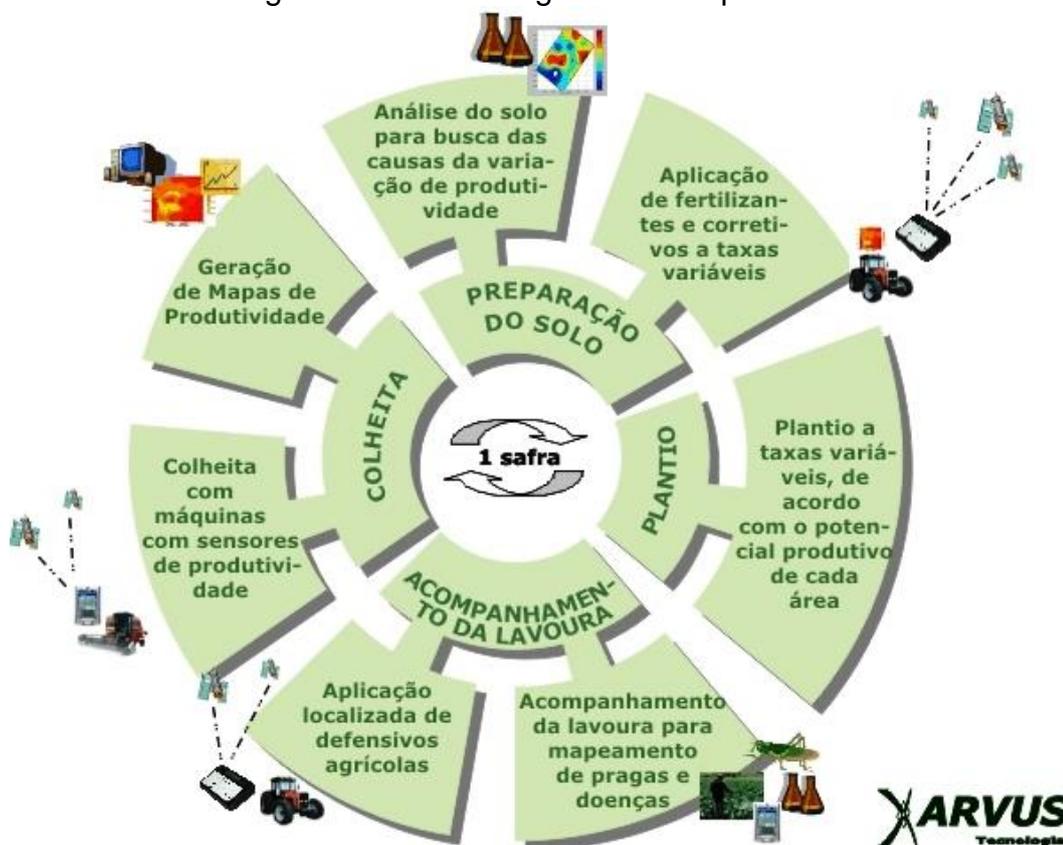
Segundo Lamparelli, Rocha e Borghi (2001), o princípio básico da agricultura de precisão é otimizar a produtividade com o menor impacto ambiental possível. Para tanto, é preciso identificar quais são as causas que provocam diferentes produtividades de uma cultura em uma área específica. Dentre elas, estão aquelas referentes ao clima, solo e planta.

Diante disso, Balastreire e Rossi (1999), enfatizam que as aplicações de produtos químicos que satisfazem as necessidades de cada ponto da área cultivada representam menores chances desses produtos escaparem e contaminarem o solo. Se cada área receber apenas o que necessita, esta lavoura estará eliminando o

excesso de químicos aplicados de forma uniforme num sistema de agricultura tradicional.

Em vista disso, a Arvus Tecnologia (2014), salienta que a agricultura de precisão consiste de um ciclo de análise da produtividade (através da colheita), análise das características do solo (através da coleta de amostra ou imagens de satélite), controle preciso da aplicação de insumos e correção da terra e controle preciso da plantação e da aplicação de agrotóxicos. Dessa maneira, o ciclo da agricultura de precisão pode ser apresentado conforme destaca a figura 01:

Figura 01: Ciclo da agricultura de precisão



Fonte: Arvus Tecnologia (2014).

Seguindo esta linha de pensamento, Vargas (2014), argumenta que um ciclo completo da agricultura de precisão pode ser descrito da seguinte maneira:

- a) colheita da lavoura com máquina equipada com sensores e receptor GPS para localização;
- b) análise e confecção do mapa de produtividade;

- c) análise de solo e outros fatores para verificação das causas da variabilidade da produção;
- d) geração do mapa de aplicação localizada conforme resultado obtido das análises e aplicação de fertilizantes e micronutrientes em taxas variáveis;
- e) plantio em taxas variáveis de acordo com o potencial produtivo de cada região analisada em cada parte da área, conforme mapa de aplicação;
- f) mapeamento de invasoras, insetos, doenças, entre outros, da lavoura;
- g) aplicação localizada a taxas variáveis de produtos químicos, conforme intensidade de invasoras, insetos e doenças em cada ponto da lavoura; e
- h) nova colheita, iniciando assim um novo ciclo da agricultura de precisão.

O mesmo autor salienta ainda que a cada novo ciclo haverá mais informações sobre a lavoura. Desta maneira, torna-se possível gerar um histórico da lavoura, o que tornará as análises cada vez mais confiáveis para a tomada de decisão sobre o melhor gerenciamento da mesma.

Algumas das vantagens da aplicação da agricultura de precisão, que se tem comprovado tanto no campo científico quanto no campo prático, segundo a Arvus Tecnologia (2014) são:

- a) economia de insumos agrícolas (agrotóxicos, fertilizantes e corretivos agrícolas);
- b) aumento da produtividade; e
- c) sustentabilidade da terra em longo prazo, devido a sua exploração de forma otimizada e não depredadora.

Em relação ao clima, os fatores do ambiente que se destacam para o crescimento e desenvolvimento das plantas são: radiação solar, temperatura do ar, água, umidade atmosférica e vento. Já o solo pode apresentar-se nas fases sólida, líquida e gasosa e é de grande importância, pois é através dele que as plantas se desenvolvem. Também devem ser consideradas as plantas, podendo classificá-las em: anuais (completam o ciclo em uma estação: milho e arroz), bianuais (completam o ciclo em duas estações: cenoura, beterraba), e perenes (necessitam de diversos anos para produzirem: plantas frutíferas) (LAMPARELLI; ROCHA; BORGHI, 2001).

Bernardi e Inamasu (2014), mencionam que uma propriedade rural não é homogênea, visto que existem variações de tipos de solos, relevo, vegetação, bem

como seu histórico de uso. Estas diferenças fazem com que cada região seja tratada de modo diferente, de acordo com suas potencialidades e necessidades.

Outra tarefa do sistema que constitui a agricultura de precisão é o gerenciamento da unidade produtiva. O processo de produção deve ter o controle de todas as fases envolvidas. Nesse sentido, “a Geoestatística é um conjunto de técnicas que estima valores regionalizados e especializados de atributos ou características de uma determinada área a ser estudada” (LAMPARELLI; ROCHA; BORGHI, 2001, p.76). É considerada fundamental para o estudo da variabilidade dentro de uma área específica, e ocorre sempre dentro dos campos de plantio acarretados, por exemplo, em super ou subfertilização quando uma única quantidade de fertilizantes é aplicada.

Balastreire e Rossi (1999), apontam que um dos requisitos para se praticar a agricultura de precisão é a necessidade da existência de um sistema de posicionamento que permite a localização georreferenciada dos pontos da área a ser trabalhada. Um dos sistemas que atende a este requisito é o GPS.

Informações Georreferenciadas se referem aos dados baseados em informações geográficas. A comparação de dados de locais específicos será uma das técnicas mais importantes no melhoramento do gerenciamento das propriedades. O valor da informação para a agricultura de precisão aumenta quando as camadas de dados podem ser referenciadas espacialmente entre elas (ARVUS TECNOLOGIA, 2014).

Silva e Silva (2009), ressaltam que a utilização da informação georreferenciada da produção e a utilização de mapas de produção são ferramentas valiosas na tomada de decisão. Depois de fazer uma análise da informação obtida, o empresário agrícola poderá planejar estratégias a serem adotadas no futuro, melhorando seu sistema produtivo através de medidas que sejam técnica e economicamente viáveis.

Os mesmos autores apontam ainda que este tipo de análise permite:

- a) identificar problemas e situações que influenciam a produção;
- b) avaliar o método produtivo adotado na propriedade;
- c) definir estratégias para melhorar a produtividade; e
- d) colher informações que propiciam identificar aspectos importantes a serem analisados em investimentos futuros.

Lamparelli, Rocha e Borghi (2001), ressaltam que a tecnologia envolvida na agricultura de precisão compreende o uso das geotecnologias. Entre elas destacam-se o GPS, os sistemas informatizados de coleta de dados, sensores remotos locais, orbitais e não orbitais, programas para tratamento e mapeamento de dados, que são os sistemas de informações geográficas ou sistema de informação georreferenciada (SIG), e sistemas eletrônicos de acionamento e controle de máquinas agrícolas.

De acordo com Bragachini (2001), o GPS é um sistema de navegação baseado em satélites, criado e operado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Esse sistema começou no início dos anos 1980, mas foi declarado completamente operacional em 27 de abril de 1995, isto é, a partir desta data o sistema pode ser usado para determinar a posição de um receptor, 24 horas por dia, em qualquer parte da terra.

Ainda segundo o mesmo autor, inicialmente, esse sistema serviu de auxílio para as forças militares dos Estados Unidos. Hoje em dia, é também usado para finalidades industriais, comerciais e civis. Está disponível 24 horas por dia, de forma gratuita, sob qualquer condição meteorológica.

Nesse sentido, Faulin (2012), identifica que os receptores GPS mais utilizados na agricultura são:

- a) **absoluto**: o posicionamento absoluto é aquele em que as coordenadas são calculadas no próprio receptor sem o auxílio de outro equipamento. Seu erro varia de 3 a 10 metros, sendo utilizado em operações como amostragem de solo, demarcação de talhões, identificação de pragas e doenças e mapas de colheita;
- b) **Wide Area Differential GPS (WADGPS)**: o WADGPS processa informações que diminuem o erro por meio de estações de base espalhadas no continente/região de interesse, disponibilizados gratuitamente pelos governos ou cobrados por empresas particulares. Seu erro fica em torno de 0,20 a 1 metro e é utilizado para a aplicação de insumos como pulverização, adubação e calagem;
- c) **Real Time Kinematic (RTK)**: o RTK utiliza o mesmo princípio do WADGPS, porém com estações de base locais. Sua acurácia é de 2 centímetros e, por isso, é utilizado como piloto automático para operações de semeadura, plantio e colheita sistematizada.

Balastreire e Rossi (1999), destacam também que o volume de informações a ser processado aumentava drasticamente com o desenvolvimento da agricultura de precisão. Portanto, a melhor alternativa de gerenciamento exigia o desenvolvimento de *softwares* específicos para essa finalidade. Como solução, empresas especializadas desenvolveram programas que receberam a denominação genérica de *Geographic Information Systems* ou Sistema de Informação Geográfica (GIS), que tem como principal característica o trabalho com mapas. Podem ser utilizados mapas em diversas camadas, cada um contendo uma variável, sendo possível combinar os dados das diferentes camadas para gerar um mapa de aplicação localizada de nutrientes. Também é possível utilizá-lo como um gerenciador automático de dosagem no equipamento aplicador.

Nesse sentido, o SIG pode ser considerado:

Um sistema que engloba programas, procedimentos e módulos, ou subsistemas, integrados e projetados para dar suporte ao armazenamento, processamento, análise, modelagem e exibição de dados e/ou informações espacialmente referenciada, constituída numa única base de dados (LAMPARELLI; ROCHA; BORGHI, 2001, p.84).

Coelho *et. al.* (2009, p. 11), relata também que se trata de “uma aplicação informática que permite associar informação de natureza espacial e informação alfanumérica”. A grande diferença entre um SIG e outros sistemas de informação não geográficos está na capacidade de manipular informações com base em características espaciais. Esta capacidade de relacionar dados georreferenciados comuns permite combinar, analisar e cartografar os resultados.

Os SIG permitem criar mapas, integrar informações, visualizar múltiplos cenários, resolver problemas complexos, apresentar ideias e propor soluções. A sua utilização na agricultura de precisão torna-se fundamental, visto que a maior parte das tecnologias hoje disponíveis que servem de base a esse sistema de produção necessita de informação georreferenciada. Os SIG são utilizados para armazenar, analisar e apresentar a informação (COELHO *et. al.*, 2009).

A Arvus Tecnologia (2014) salienta ainda que os *softwares* usados para manusear estes dados chamados SIG estão disponíveis em uma gama de capacidades e custos, porém, todos apresentam a capacidade de exibirem dados

graficamente. Estes sistemas variam de simples mostradores de mapas até sistemas complexos capazes de analisar e integrar diferentes tipos de dados de diferentes bases de dados.

O uso do GPS permite associar a informação de latitude e longitude aos dados obtidos de um local específico do campo. Desta maneira, o GPS torna-se um componente essencial para a maioria das aplicações de agricultura de precisão baseadas em mapeamento do solo. Além disso, as aplicações de sensoriamento em tempo real e posicionamento em tempo real podem usufruir do sistema GPS (ARVUS TECNOLOGIA, 2014).

De acordo com o Lamparelli, Rocha e Borghi (2001), os sistemas que compõem o SIG são divididos em:

- a) **Sistemas de entrada de dados:** processamento digital de imagens, digitalização de mapas, GPS, planilhas eletrônicas e dados estatísticos;
- b) **Sistema de armazenamento de dados:** mapas digitais e dados alfanuméricos;
- c) **Sistema de análise de dados:** operações algébricas, sistemas de análise estatística e gerenciamento de banco de dados;
- d) **Sistema de saída de dados:** saída de mapas para a tela, impressora, entre outros.

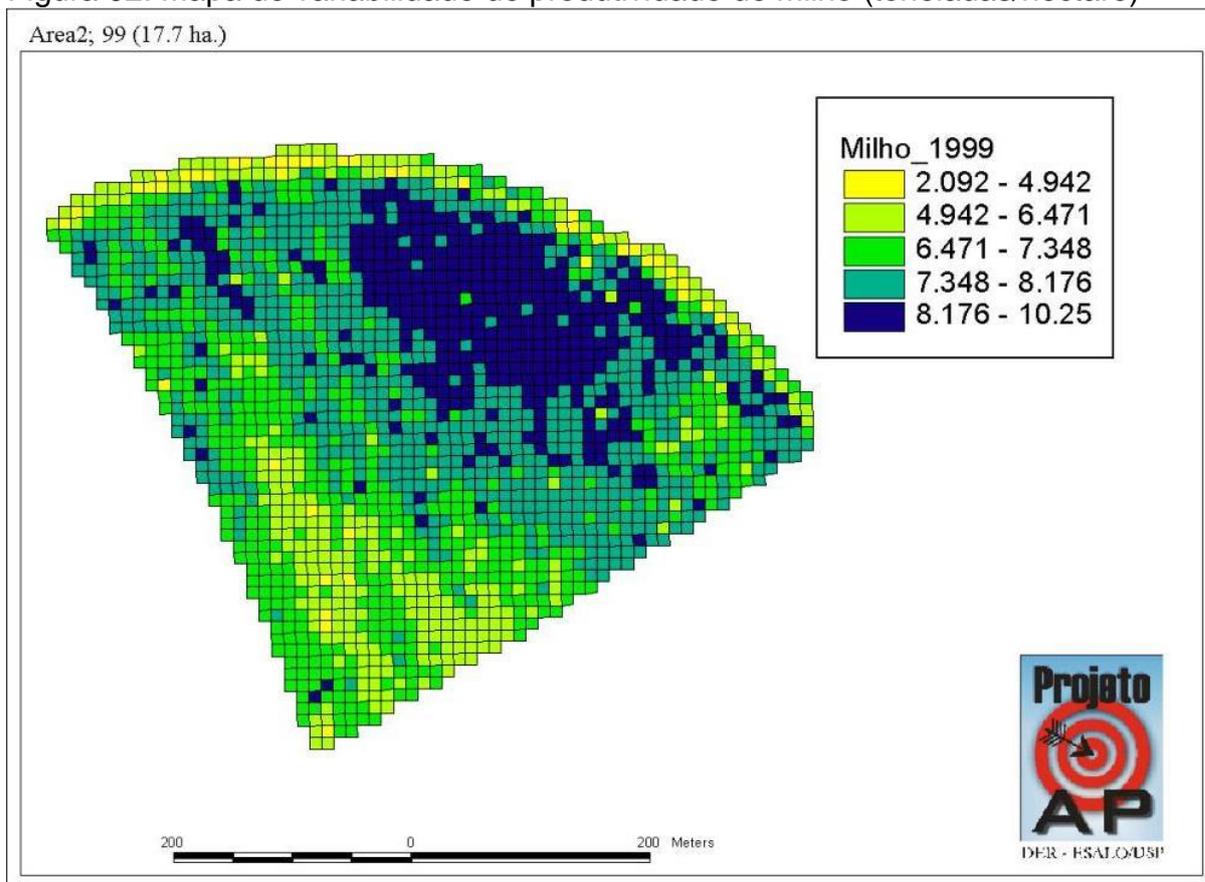
Porém, uma das fases iniciais para a implantação da agricultura de precisão pode ser aquela do mapeamento. Este mapeamento não se restringe somente à produtividade da cultura, mas pode ser relacionado também a outros fatores como mapeamento dos tipos de solo, ocorrência de plantas daninhas, pragas ou doenças. Dentre essas atividades, aquela voltada à produtividade da cultura é a mais fácil de ser realizada, sendo que as primeiras colhedoras já adaptadas para o mapeamento da produtividade ao sair de fábrica foram colocadas no mercado americano em 1995 (BALASTREIRE; ROSSI, 1999).

Conforme Baio (2009), a agricultura de precisão exige posicionamento acurado e erros minimizados. Nesse sentido, o processo de mapeamento consiste em aliar uma determinada informação (fertilidade, praga, planta daninha, produtividade) a sua posição no campo, gerando-se um mapa. Os dois tipos de mapas mais utilizados por agricultores e consultores são os de fertilidade do solo e o da produtividade.

Segundo Furlaneto e Manzano (2010), os sistemas de mapeamento de colheita armazenam informações relativas à produtividade durante o processo de colheita de uma área, georreferenciando os dados e adicionando as características da safra colhida. Como a produtividade é o fator determinante nas decisões de gerenciamento, estes mapas resultantes que mostram explicitamente as áreas de variação de produtividade são usados para ratificar as decisões de gerenciamento e manejo do campo. Além do mapeamento de colheita, as ferramentas disponíveis na agricultura de precisão possibilitam também o mapeamento de plantas daninhas e, em certos casos, o de pragas e doenças.

Para Molin (2014), a melhor informação sobre os resultados de uma lavoura é o total colhido. Na agricultura de precisão essa informação é o mapa de produtividade que mostra o total colhido para cada pequena porção da lavoura. É representado por uma imagem que apresenta a variabilidade espacial da produção. Um exemplo pode ser visto na figura 02, que compõem uma lavoura de milho, de 17,7 hectares (ha), colhido em fevereiro de 1999, no Campus da USP em Pirassununga, São Paulo:

Figura 02: Mapa de variabilidade de produtividade de milho (toneladas/hectare)



Fonte: Molin (2014).

A variabilidade é incrível e não seria considerada se não fosse visualizada, pois, conforme a figura 02, observa-se uma variação de 2,092 a 10,25 toneladas por hectare na área analisada. Porém, para gerar um mapa de produtividade em culturas de grãos é necessário a instalação de alguns dispositivos em uma colhedora. Nesse caso, o sistema inclui um sensor de fluxo de grãos e um sensor de umidade da massa de grãos instalados no elevador de grãos limpos da máquina, um sensor de velocidade da máquina, um interruptor ou sensor de plataforma, um Sistema de Posicionamento Global Diferencial (DGPS) e o monitor com sistema de armazenamento de dados, instalado na cabine (MOLIN, 2014).

Coelho *et. al.* (2009), destaca que estes mapas de produtividade podem ser construídos através do SIG, o que facilita o tratamento e visualização da informação. Os mapas gerados pelo sistema de monitorização, nomeadamente depois de tratados os dados, são considerados instrumentos de suporte à tomada de decisão, visto que fornecem informações muito úteis sobre a lavoura aos agricultores. No entanto, a monitorização da produtividade ou a identificação da variação da

produção constitui quase sempre o primeiro passo na implementação de um sistema de agricultura de precisão.

Nesse sentido, Lamparelli, Rocha e Borghi (2001), salientam que o conceito de variabilidade espacial é de grande importância. É necessário estudar a variabilidade de algumas características para coletar o máximo de informações e obter controle relativo sobre o mesmo. Para tanto, coleta-se valores dessas características atrelados às suas posições geográficas (coordenadas espaciais) para inferir sobre as estruturas de variabilidade existentes na área de estudo. Isto geralmente é feito utilizando-se técnicas estatísticas.

No sistema de agricultura convencional é comum efetuar uma análise de solo por parcela. Esta análise efetua-se, normalmente, de uma amostra derivada da mistura de várias sub-amostras de solo recolhidas aleatoriamente em um traçado em forma de estrela. A fertilização proveniente com base nos resultados desta análise é realizada de forma homogênea, ou seja, a taxa de aplicação é a mesma em toda a área da parcela, independentemente da variabilidade espacial do solo (COELHO *et. al.*, 2009).

Já no sistema de agricultura de precisão, segundo o mesmo autor, a taxa de aplicação dos nutrientes (ou corretivos) varia de acordo com as necessidades específicas de cada área. Para tanto, é essencial conhecer a variabilidade espacial das características do solo, o que somente é possível por meio da realização e análise de várias amostras, determinando de forma precisa a localização de cada parcela.

Uma técnica que tem se tornado comum é a geração do mapa individual para cada indicador de fertilidade do solo. Para tanto, torna-se necessário o investimento na coleta de amostras denominadas de amostragem em grade. Possui o objetivo de determinar as necessidades do solo com maior detalhamento se comparado aos métodos de amostragem convencional. Neste sistema o talhão é dividido em quadrículas imaginárias, regulares ou não, sendo retiradas as amostras de solo em cada quadrado. Cada amostra é composta de algumas subamostras, que na prática geralmente variam de três a doze (MAPA, 2011).

De acordo Lamparelli, Rocha e Borghi (2001), os principais e mais utilizados esquemas de amostragem são: regular, aleatória e aleatória estratificada. Esses esquemas podem ser definidos conforme ilustrado nas figuras 03, 04 e 05:

Figura 03: Amostragem regular

x	x	x
x	x	x
x	x	x

Amostragem regular: coleta de amostras em pontos igualmente espaçados e distribuídos homoganeamente por toda região estudada.

Fonte: Lamparelli, Rocha e Borghi (2001).

Figura 04: Amostragem aleatória

x		x		
	x	x		
		x		
x				x
x	x			x

Amostragem aleatória: os pontos de amostra são fixados aleatoriamente.

Fonte: Lamparelli, Rocha e Borghi (2001).

Figura 05: Amostragem aleatória estratificada

x		x		x
	x		x	
x		x		x
	x		x	
x		x		x

Amostragem aleatória estratificada: os pontos de amostra são alocados aleatoriamente, mantendo-se uma distribuição homogênea na área.

Fonte: Lamparelli, Rocha e Borghi (2001).

Se as amostras forem colhidas com a utilização de um GPS, é possível conhecer a localização exata de cada análise do solo. Os resultados desta análise podem ser utilizados para criar mapas de fertilidade (em SIG), os quais poderão ser usados para a aplicação localizada de fertilizantes conforme as carências de cada área (COELHO *et. al.*, 2009).

O mesmo autor salienta ainda que quanto maior for a variabilidade espacial de uma área, maior deverá ser o seu número de pontos de amostragem (maior densidade de amostragem). Já quanto maior for a variabilidade temporal dessa área, maior deverá ser o número de amostras por unidade de tempo (maior frequência de amostragem).

Após o mapeamento da produtividade, obtêm-se informações precisas a respeito da variabilidade espacial da quantidade de produto por unidade de área. Desta forma, busca-se a aplicação localizada de insumos, que consiste em colocar

sementes, fertilizantes e outros insumos de forma variável em cada campo, atingindo o máximo potencial da capacidade produtiva do solo (BALASTREIRE; ROSSI, 1999).

A operação de análise de solo associada à aplicação de fertilizantes e corretivos tem variações significativas e dependentes do produto em si. Existem produtos com diferença em seu estado físico, onde os corretivos se restringem ao estado sólido e no caso dos fertilizantes geralmente predominam os que se encontram em estado sólido, embora existam sinais de expansão do uso de fertilizantes líquidos. Porém, além da aplicação de sólidos, é importante focalizar também a aplicação em dose variável de produtos para controle de invasoras, pragas e doenças (MAPA, 2011).

Neste sentido, Antuniassi (2015) destaca que para a aplicação localizada de defensivos, um dos conceitos propostos é a detecção instantânea (*"on line"*) das plantas. Para tanto, há duas possibilidades, onde a primeira tecnologia utiliza sensores óticos que identificam diferenças na reflexão da luz pelas diversas superfícies nas áreas agrícolas, como plantas daninhas, culturas, solo, entre outros. Nestas áreas a aplicação variada ocorre através de sistemas de controle eletrônico, onde esta reflexão indicar a presença de determinados alvos. No segundo caso, a detecção e identificação dos alvos é feita pela análise instantânea de imagens, onde as imagens de uma câmera de vídeo são processadas para a identificação imediata dos alvos, informando ao sistema de controle do pulverizador sobre a sua presença e localização.

O mesmo autor salienta que outra forma para a aplicação localizada de defensivos é aquela baseada no mapeamento. Pode ser realizado em diversas fases da cultura, através do levantamento da infestação e suas características, usando o DGPS (sistema de posicionamento global diferencial). O mapa de plantas daninhas é processado para posteriormente ser elaborado o mapa de tratamento, o qual apresenta as recomendações de controle distribuídas espacialmente no campo. Durante a aplicação, o computador de bordo do pulverizador identifica no mapa de tratamento as quantidades a serem aplicadas, variando a dose ao longo do seu deslocamento pelo campo.

Braga (2009), destaca que um dos principais objetivos da agricultura de precisão é diferenciar no espaço a taxa de aplicação dos fatores de produção

conforme as necessidades de cada cultura. A tecnologia que permite variar essas aplicações é a *Variable Rate Technology* ou Tecnologia de Taxa Variável (VRT) e é constituída por um GPS, um controlador VRT, um variador de fluxo e um sensor de velocidade real.

Coelho *et. al.* (2009), reforça que para completar o ciclo do sistema de agricultura de precisão, é necessário que a gestão das explorações utilize a informação da *Variable Rate Technology* (VRT) ou aplicações diferenciadas. As VRT podem ser definidas como um conjunto de tecnologias que servem para efetuar aplicações diferenciadas dos fatores de produção, considerando-se as necessidades de cada área, conforme informações obtidas sobre cada parcela do terreno.

Nesse sistema, o GPS fornece ao controlador VRT o posicionamento da máquina na lavoura. O controlador VRT determina o fluxo de material a ser aplicado, conforme sua localização e de acordo com a quantia desejada que consta no mapa de prescrição. Para isso, será necessário a integração de um sensor de velocidade real e a largura de trabalho introduzida pelo operador. Os VRTs incluem microprocessadores, portas de comunicação, dispositivos de armazenamento de dados e ecrãs de dados - parte do monitor que apresenta as informações, pode mostrar imagens fixas ou em movimento. As portas de comunicação servem para introduzir os mapas de prescrição no controlador e os tipos mais comuns são as portas de série ou os cartões de memória *Personal Computer Memory Card International Association* ou Associação Internacional de Cartões de Memória de Computadores Pessoais (PCMCIA) (BRAGA, 2009).

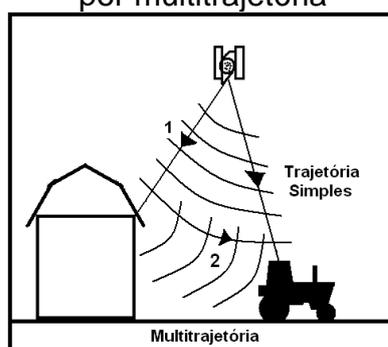
Porém, o GPS que fornece o posicionamento na lavoura, apesar de possuir uma tecnologia bastante avançada, pode conter alguns erros. A acurácia, de acordo com Balastreire e Rossi (1999), é definida como a ausência de erros. Esses erros podem ser classificados em dois tipos principais, que são o erro sistemático e o erro ao acaso. O erro sistemático é inerente ao sistema de medição, e o erro ao acaso ocorre sem um padrão de ocorrência, como o próprio nome indica, ocorre ao acaso.

Além desses dois, destaca-se a existência dos erros de órbita, os quais podem ser causados por alguns fenômenos naturais. As forças gravitacionais da lua e do sol e a pressão da radiação solar podem causar pequenos erros de altitude, posição e velocidade dos satélites (BRAGACHINI, 2001).

Faulin (2012), reforça ainda que as variações da acurácia, ou seja, o erro em campo são causadas principalmente pela troposfera, ionosfera e multicaminhamento (reflexão), podendo ter mais ou menos acurácia, dependendo das condições climáticas, estações do ano, topografia e construção civil. Por isso, conhecer as limitações de cada tipo de posicionamento/receptor é fundamental para o uso correto e o sucesso das operações em agricultura de precisão.

Já Bragachini (2001), define o erro do sinal que chega ao receptor por mais de uma trajetória, de multitrajetória. Neste caso, parte da onda chega de forma direta e parte realiza uma trajetória diferente. A figura 06 ilustra um típico caso do sinal do satélite recebido pelo receptor por multitrajetória:

Figura 06: Sinal recebido pelo receptor por multitrajetória



Fonte: Bragachini (2001).

Em relação à geometria espacial, Bragachini (2001), ressalta que quanto mais satélites estão espalhados sobre o receptor, maior será a sua precisão. Com isso, quanto maior for o número de satélites enviando sinais ao receptor, mais precisa será a posição dada.

A última fonte de erro é a disponibilidade seletiva, que foi eliminada a partir de 1º de maio de 2000 pelo governo americano. Esta consistia em causar um erro intencional no sistema para restringir o seu uso em tempos de guerra. A disponibilidade seletiva não afetava a precisão dos receptores militares de GPS, mas sim, os de uso civil (BRAGACHINI, 2001).

Uma das formas de minimizar esses erros mencionados acima é por meio de um método de correção diferencial DGPS. Segundo Balastreire e Rossi (1999), esses sinais de correção podem ser transmitidos pela estação de rádio "beacon", com sinal de frequência AM, normalmente utilizado pela guarda costeira de alguns

países para controlar as embarcações marítimas ou fluviais. Existe também a transmissão do sinal de correção via frequência FM. Mas estas ondas se deslocam apenas em linha reta, o que exige que o transmissor e o receptor estejam em uma linha visada, sendo que qualquer obstáculo, como uma árvore, pode bloquear o sinal.

Outro método, segundo os mesmos autores, é a utilização de uma estação terrestre fixa, que recebe sinais de pelo menos quatro satélites, calcula a posição através dos sinais recebidos, compara com a posição real previamente conhecida, gerando um sinal de correção diferencial. O quarto método é a utilização de um satélite geoestacionário, que fica sempre sobre a mesma posição em relação à terra. As estações de bases fixas calculam os sinais de correção e os enviam para os satélites, e estes os retransmitem para as antenas dos usuários.

Também são utilizadas na agricultura de precisão as técnicas de sensoriamento remoto, que é “a ciência de se obter informações sobre determinado alvo, através da análise de dados coletados por sensores, sem entrar em contato direto como alvo em questão” (LAMPARELLI; ROCHA; BORGHI, 2001, p. 56). Os satélites são exemplos de plataformas de sensoriamento remoto.

Baio (2009), aponta que o sensoriamento remoto (tanto orbital ou por plataforma aérea) tem um papel fundamental e ainda pouco explorado no desenvolvimento da agricultura de precisão no Brasil e no mundo. Imagens de satélites e/ou fotografias aéreas possibilitam a localização dos alvos em uma área mais extensa e em menor tempo do que a coleta destas informações em campo.

Nesse contexto de precisão, Braga (2009), destaca ainda que os métodos aplicados na agricultura tradicional apresentam elevadas taxas de sobreposição das passagens. Atualmente, o método mais rigoroso para conseguir a uniformização da aplicação dos fatores de produção é a utilização de sistemas de condução assistidos por GPS. Este sistema é composto por uma unidade de recepção de sinal GPS com correção diferencial (DGPS) e por um mecanismo de apoio à condução.

A figura 07 apresenta o resultado das passadas na aplicação dos fatores de produção mediante a utilização de um sistema de condução tradicional e de um sistema de condução por GPS:

Figura 07: Resultado da utilização de um sistema de condução tradicional (a) e de um sistema de condução por GPS (b)



Fonte: Braga (2009).

O tempo de vida útil de um sistema de condução por GPS pode ser em torno de 10 anos. Esse período é estimado devido ao rápido avanço da tecnologia e a probabilidade de substituição por unidades mais precisas e baratas (BRAGA, 2009).

Balastreire e Rossi (1999), apontam que o principal benefício da adoção da agricultura de precisão é a possibilidade da redução da poluição ambiental. Isso ocorre uma vez que insumos aplicados no local e na quantia certa, muitos dos quais são tóxicos, possuem uma menor chance de escaparem do local onde foram aplicados e de se deslocarem para os lençóis freáticos, provocando sua contaminação.

Seguindo essa mesma linha, Costa e Guilhoto (2011), enumera que há uma série de benefícios gerados pelo conjunto de tecnologias associadas a um sistema de agricultura de precisão. Dentre os principais, destacam-se os seguintes: i) redução nos custos pela diminuição no uso de insumos agrícolas; ii) redução na poluição da água e do ambiente; e iii) aumento da produtividade agrícola pela aplicação mais eficiente dos insumos.

Nunes (2014), enfatiza ainda que as técnicas de agricultura de precisão devem ser compreendidas como uma forma de manejo sustentável, pois as mudanças ocorrem sem prejuízos às reservas naturais, além de minimizar os danos ao meio ambiente. Esta definição engloba a ideia de compromisso no uso da terra, pois um manejo sustentável implica algo mais do que tão somente a manutenção dos índices de produtividade.

Além disso, o mesmo autor destaca que a agricultura de precisão é de grande utilidade, pois propicia para os seus usuários:

- a) redução do problema do risco da atividade agrícola;
- b) redução dos custos de produção;
- c) tomada de decisão de forma rápida e certa;
- d) controle da situação através da informação;
- e) maior produtividade;
- f) administradores com mais tempo livre; e
- g) melhoria do meio ambiente pelo menor uso de defensivos agrícolas.

Porém, Coelho et. al. (2009), destaca que na maior parte dos casos as expectativas dos produtores rurais são de que as tecnologias de agricultura de precisão reduzam as quantidades dos fatores usados na produção e aumentem a produtividade. A agricultura de precisão torna-se assim um instrumento de gestão e um meio de aumentar os lucros. Mas, se os custos de alguns fatores de produção diminuem, como adubos e pesticidas, outros podem aumentar, como a aquisição dos equipamentos necessários para implantar esta tecnologia no campo.

Assim, os custos adicionais de mudar da agricultura tradicional para a agricultura de precisão podem anular os benefícios da redução das quantidades dos fatores de produção e dos acréscimos da produtividade. Por isso, todo processo de adoção de agricultura de precisão deve ser precedido de uma análise de custo/benefício para cada caso. O agricultor deverá possuir dados contábilísticos que lhe permitam estimar todos os custos e benefícios adicionais para optar por uma mudança no modo de produção e no emprego das tecnologias em estudo (COELHO et. al., 2009).

Considerando-se a questão financeira, Braga (2009), destaca que a adoção da agricultura de precisão não implica necessariamente na aquisição de novos equipamentos de colheita e distribuição. O agricultor poderá optar em adquirir novos equipamentos com tecnologia de ponta, mas poderá obter as mesmas funcionalidades com um investimento consideravelmente mais baixo. Isso será possível se o agricultor optar em instalar essas funcionalidades no equipamento já existente sob a forma de um kit, o que se tornaria tecnicamente mais viável. Desse modo, torna-se possível usufruir das vantagens proporcionadas pela agricultura de

precisão com um investimento reduzido, o que poderá fazer a diferença entre o sucesso ou o fracasso econômico para a adoção dessa tecnologia.

Existe atualmente uma diversidade de equipamentos para a agricultura de precisão à disposição dos produtores rurais. Serão abordados a seguir os principais equipamentos disponíveis, bem como serão relacionados alguns aspectos econômicos da agricultura de precisão para o desenvolvimento de um país.

2.4.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Atualmente, existem no Brasil vários fabricantes de equipamentos para agricultura de precisão. Optou-se por descrever neste projeto os produtos fabricados pela empresa multinacional John Deere pela facilidade de acesso às informações e por ser essa uma empresa instalada no município de Horizontina, RS, não constituindo desta maneira nenhum tipo de propaganda ou indução ao uso dos produtos deste fabricante. Além disso, a escolha desta empresa não compromete a qualidade do trabalho, pois a função dos equipamentos utilizados na agricultura de precisão é a mesma, independentemente do seu fabricante. Convém lembrar que, entre os fabricantes destes equipamentos, podem ter diferentes tecnologias empregadas, o que tornam alguns produtos mais completos que outros, mas a finalidade aqui não é analisar a qualidade dos mesmos e sim a sua função.

A seguir, apresenta-se a descrição dos equipamentos fabricados pela John Deere para a agricultura de precisão e as suas funções. Conforme a John Deere (2011), os sinais são captados dos satélites por meio de receptores. A seguir, a figura 08 mostra um receptor StarFire™ ITC:

Figura 08: Receptor *StarFire*™ ITC



Fonte: John Deere (2011).

O receptor representado na figura 08 recebe e utiliza informações dos satélites GPS e do satélite John Deere para definir a posição da máquina, com a precisão escolhida pelo usuário. Esta antena possui um sensor para corrigir o posicionamento em declives.

Já os sistemas de direcionamento consistem em instalar um piloto automático no equipamento agrícola utilizado, dentre os quais destacamos dois modelos. O primeiro modelo, conforme ilustrado na figura 09, é o piloto auxiliar *Parallel Tracking*:

Figura 09: Piloto Auxiliar *Parallel Tracking*



Fonte: John Deere (2011).

Este equipamento, apresentado na figura 09, consiste em um sistema de direcionamento via satélite manual, que opera em reta ou em curva e orienta o operador a permanecer em uma linha planejada indicada na tela do monitor. Quando o operador sai da linha planejada, o equipamento mostra o desvio na tela e emite um som de erro.

O Segundo modelo é o piloto automático *AutoTrac*, como demonstrado na figura 10:

Figura 10: Piloto Automático AutoTrac



Fonte: John Deere (2011).

Conforme a figura 10, este piloto automático consiste num sistema de direcionamento via satélite automático. Opera em reta ou em curva, é extremamente preciso e não necessita da interferência do operador, sendo que o mesmo somente realizará as manobras de cabeceira.

Já para as opções de monitores, analisa-se o monitor GS2 *GreenStar*TM 1800 conforme mostra a figura 11. De acordo com a John Deere (2011), este produto foi desenvolvido para realizar operações com alta precisão de preparo do solo, pulverização, plantio e colheita.

Figura 11: Monitor GS2 *GreenStar*TM 1800



Fonte: John Deere (2011).

Legenda:

- 1 – Indicador do erro em relação a linha
- 2 – Mapa de cobertura
- 3 – Ícones de ajuste
- 4 – Porta USB

- 5 – Cursor de navegação
- 6 – Teclas de navegação.

O gerenciamento de informações é feito a partir de um *Farm Management Software* ou *Software* de Gerenciamento Agrícola (APEX), sendo este um *software* de SIG. Conforme ilustrado na figura 12, o APEX permite controlar vários aspectos da fazenda a partir do escritório, é capaz de importar fotografias aéreas dos campos e possibilita visualizar vários mapas em uma mesma tela:

Figura 12: APEX – *Software* de Gerenciamento Agrícola



Fonte: John Deere (2011).

Conforme a figura 12, o APEX possui diversas ferramentas de gerenciamento de mapas e informações coletadas no campo. Permite gerenciar custos e rastreabilidade associados a variáveis como produtividade, fertilizantes, máquinas, agroquímicos, entre outros (JOHN DEERE, 2011).

A figura 13 demonstra um gerenciador de taxa modelo Raven SCS 660, especial para produtores que buscam uma solução de baixo custo e que não queiram investir em um console de alta especificação:

Figura 13: *Raven SCS 660*



Fonte: John Deere (2011).

O gerenciador de taxa, conforme ilustrado na figura 13, tem por finalidade fornecer o controle de taxa automático para fertilizantes secos, adubo líquido e aplicações de líquidos. É montado diretamente na cabine do veículo para facilitar o monitoramento e os ajustes.

Para as opções de gerenciador de frota e plantio, destacamos o monitor de plantio MPA 2500 da Auteq, conforme ilustrado na figura 14:

Figura 14: Monitor de Plantio MPA 2500 Auteq



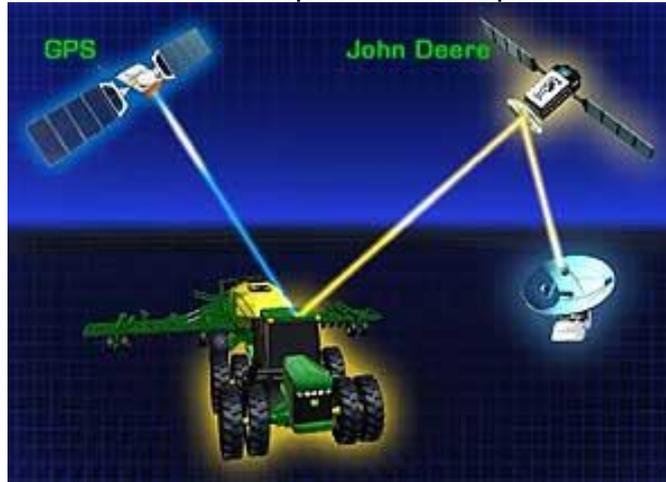
Fonte: John Deere (2011).

O monitor de plantio apresentado na figura 14, é ideal para quem busca dados precisos do plantio, pois, evita falhas de sementes e adubos. Contém um controle das linhas, semente a semente, monitora a velocidade da plantadeira e, além do mais, dados com agilidade na transferência de informações significam maior produtividade.

De acordo com a John Deere (2011), os satélites GPS enviam sinais 24 horas por dia em qualquer lugar da terra. Mas os sinais possuem um erro que deve ser corrigido, caso contrário, o erro no posicionamento pode chegar de 5 a 10 metros. Para tanto, a John Deere oferece aos seus clientes a correção via satélite (DGPS) provenientes de um sistema de correção própria, monitorado 24 horas por dia.

Neste sentido, a figura 15 ilustra a transmissão do sinal GPS e do sinal John Deere recebido diretamente por uma máquina:

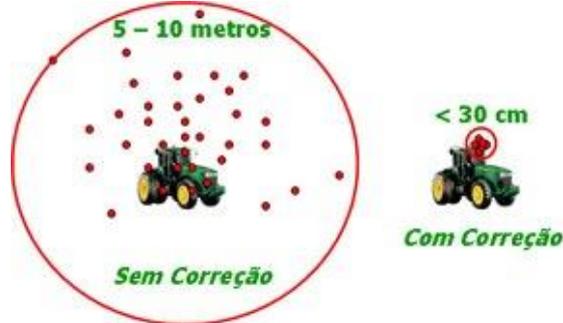
Figura 15: Sinais dos satélites GPS e John Deere para uma máquina



Fonte: John Deere (2011).

Já a figura 16 demonstra as variações que podem ocorrer se uma máquina receber os sinais dos satélites com e sem correção. Sem a correção, verifica-se que podem ocorrer erros de 05 a 10 metros, enquanto que, feita a correção desses sinais o erro máximo atinge a marca de 0,30 metros.

Figura 16: Sinal do satélite sem e com correção



Fonte: John Deere (2011).

Conforme Vargas (2011), a figura 17 ilustra o local onde alguns equipamentos da agricultura de precisão fabricados pela John Deere, que fazem parte do *GreenStar® Precision Farming System*, são instalados em uma máquina colhedora de grãos:

Figura 17: Equipamentos *GreenStar® Precision Farming System* instalados em uma máquina



Fonte: Vargas (2011).

Legenda:

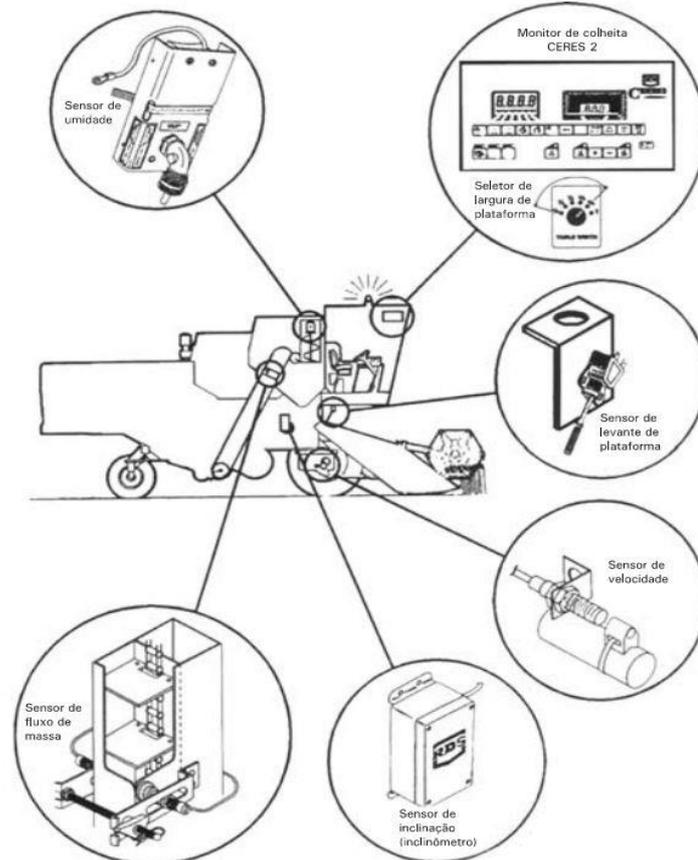
- 1 - Receptor GPS:** antena que recebe os sinais dos satélites, localizando a posição da colheitadeira no campo.
- 2- Sensor de fluxo de massa:** serve para medir a quantidade de grãos que estão sendo colhidos em cada ponto da lavoura. Está instalado no elevador de grãos.
- 3 - Sensor de umidade:** serve para medir a umidade dos grãos colhidos.
- 4 - Display:** permite ao operador da máquina acompanhar as informações em tempo real.
- 5 - Processador e cartão:** recebe as informações da antena e dos sensores, e os registra em um cartão magnético. Os dados do cartão são transferidos para um computador e tratados por um *software* (programa) específico, que fará o mapa de produtividade da lavoura. Após a obtenção e organização dos dados, analisa-se e interpreta-se as variações, a fim de corrigi-las. Após é gerado um mapa de aplicação, para fazer o plantio, aplicação de fertilizantes e pulverização a taxas variáveis.

Nesse sentido, cabe citar o trabalho de Shiratsuchi (2004), onde aponta que os sensores de produtividade são os responsáveis pela mensuração da quantidade de material colhido pela máquina, geralmente instalados no elevador de grãos limpos da máquina. Os sensores de umidade medem a umidade da massa de grão para que seja feita a correção para a umidade-padrão de venda dos grãos, e são instalados na saída do caracol espalhador no tanque graneleiro ou no elevador de grãos limpos. O sensor de velocidade é o responsável pela medição da velocidade de deslocamento da máquina, e, juntamente com a largura da plataforma, fornece a área colhida. O interruptor de coleta de dados interrompe a coleta de dados quando a plataforma é levantada, impedindo que áreas de manobra e trajetos percorridos pela colhedora sejam somadas à área de produção. Já o monitor e coletor de dados

é o aparelho que recebe os sinais de todos os sensores associados ao sinal de localização fornecido pelo GPS, gravando-os para, posteriormente, serem usados.

A figura 18 apresenta exemplos de sensores acoplados a colhedoras:

Figura 18: Exemplos de sensores acoplados a colhedoras



Fonte: Adaptado do RDS Technology Ltd. (2004) *apud* Shiratsuchi (2004).

Quanto a este processo, demonstrado na figura 18, cabe ressaltar que a colheitadeira possui diversos sensores acoplados, sendo que a coleta dos dados de produtividade é obtida por esse conjunto de sensores, conjugados com um GPS para o georreferenciamento das medições. À medida que a máquina se desloca na área, os sensores fazem as leituras dos dados, e o GPS tem a finalidade de gravar o posicionamento dessas leituras no cartão de memória do monitor de produtividade (SHIRATSUCHI, 2004).

2.4.2 ASPECTOS ECONÔMICOS DA AGRICULTURA DE PRECISÃO NO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE UM PAÍS

Souza (2007), define que há desenvolvimento econômico quando constata-se um crescimento econômico contínuo em ritmo superior ao crescimento demográfico, envolvendo mudanças de estruturas e melhoria de indicadores econômicos, sociais e ambientais. Além da melhoria desses indicadores, uma definição completa de desenvolvimento envolve ainda a questão da preservação do meio ambiente. Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável é o que preserva o meio ambiente, sobretudo os recursos naturais não renováveis.

As sociedades vivem hoje uma época de grandes avanços em ciência e tecnologia. Ao considerar a forma e a velocidade com que esta evolução tem atingido a todos, constata-se a existência de questionamentos sobre o futuro seguro e sustentável da humanidade. Existe o receio da utilização inadequada do conhecimento científico, que ao invés de promover o progresso do ser humano, poderia se tornar responsável pela ocorrência de desequilíbrios irreversíveis, sendo de forma isolada ou a nível planetário (GUIMARÃES; ALVIM, 2014).

Os mesmos autores enfatizam ainda que a ideia da sustentabilidade estabelece uma relação direta com o futuro. A necessidade de se transmitir às gerações futuras recursos iguais ou melhores que os disponíveis na atualidade, tem se transformado em um paradigma para esta nova era. Com isso, chega-se a conclusão de que a avaliação dos processos de desenvolvimento hoje existentes não devem se limitar apenas à análise da produção e do consumo. Contudo, devem considerar toda a base de recursos naturais, a geração de resíduos e rejeitos daquelas atividades, bem como ter por base de análise informações precisas sobre o estado das populações, seja em nível local, nacional ou global.

Coelho *et. al.* (2009), menciona que com a necessidade da preservação do meio ambiente, a adoção de práticas mais conservadoras e menos poluentes dos recursos naturais (solo, água, biodiversidade, etc.) torna-se essencial. Sendo a agricultura de precisão mais criteriosa na gestão espacial e temporal do potencial e dos fatores de produção agrícola, a sua prática resulta em uma significativa redução do impacto ambiental da atividade agrícola, constituindo um avanço significativo dessas atividades.

Entretanto, Coelho (2005), enfatiza que o aspecto mais importante associado à avaliação econômica da AP é o valor resultante das informações (dados) coletadas na lavoura e não do uso em si das tecnologias. Assim, as tecnologias envolvidas na AP possibilitarão a geração de dados que devem ser analisados e convertidos em informações práticas, podendo influenciar as decisões de manejo dos solos e culturas. Conclui-se, assim, que os ganhos da AP são provenientes das decisões de manejo e não do uso das tecnologias em si, ao contrário do que acontece na agricultura tradicional, onde os ganhos são, sim, resultantes do emprego de novas tecnologias.

As questões a serem levantadas no que se refere aos benefícios da AP são como as informações e os conhecimentos podem ser usados para acrescentar rentabilidade ao agricultor e qual a oportunidade de instituir novas práticas de manejo ou sistemas de produção. O agricultor não deverá apenas considerar os custos gerados pela AP, como fazem a maioria, mas deverá considerar também seus benefícios. Isto implica em fazer uma análise custo/benefício, onde primeiramente se identificam os custos e os benefícios, para posteriormente quantificá-los. Desta maneira, o agricultor terá condições de calcular os valores por hectare, quantos hectares estão envolvidos e de quantos anos será o custo/benefício, e obterá a informação se os benefícios irão cobrir os custos (COELHO, 2005).

Porém, conforme relata Inamasu *et. al.* (2011b), fica evidente que no Brasil ainda há grandes desafios para que a agricultura de precisão atinja seus objetivos e reforce a sustentabilidade do processo produtivo. Uma postura que ainda precisa ser desenvolvida no campo é considerar a variabilidade como um fator importante de gestão para a sustentabilidade do negócio agrícola e do meio ambiente. A pesquisa em agricultura de precisão deve avançar também na dimensão mais agronômica, considerando diferentes culturas e regiões, levando em conta a distribuição espacial e temporal das doenças e pragas, fertilidade do solo, qualidade dos produtos, água, entre outros elementos para considerar uma gestão precisa em direção à sustentabilidade do processo produtivo agrícola.

Portanto, Bernardi e Inamasu (2014), mantém a expectativa em relação ao futuro, de que a agricultura de precisão coloque a produção de alimentos no Brasil em outro patamar. Primeiramente, em um novo patamar de sustentabilidade,

alcançado pela racionalização da aplicação de defensivos, fertilizantes e vários outros insumos usados de forma ambientalmente melhor. Segundo, em um novo patamar de produtividade, pois a partir do momento em que se trabalha com as diferenças que a natureza fornece, há sintonização com o potencial da lavoura e o aumento da produtividade, tornando o ciclo produtivo mais sustentável.

Nesse sentido, cabe ressaltar que:

A sustentabilidade da produção agrícola passa, cada vez mais, pela capacidade do país incorporar de forma contínua inovações tecnológicas. A concepção de novos produtos, processos e tecnologias terão que proporcionar avanços na produtividade, segurança e qualidade dos alimentos e proporcionar a sustentabilidade futura desta actividade estratégica. As novas tecnologias permitem, hoje em dia, encarar a actividade agrícola de forma diferente, surgindo assim uma “nova” forma de fazer agricultura baseada no conhecimento intensivo. Esta é vulgarmente denominada por “AGRICULTURA DE PRECISÃO” (COELHO; SILVA, 2009, s/n).

COELHO *et. al.*, (2009), reforça que o aparecimento de novas tecnologias, como o GPS e os SIG, e a evolução registrada nos seus custos, a possibilidade não só operacional, mas também econômica, permitem pensar em alcançar a precisão em larga escala. Além disso, a crescente preocupação em torno da questão ambiental, associadas às externalidades negativas do modelo de agricultura convencional, que trata uma área como sendo igual, onde na realidade ela é diferente, traduz-se num esforço evidente de um novo modelo de agricultura, a agricultura de precisão.

2.5 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

A agricultura irrigada tem sido uma relevante estratégia para otimizar a produção mundial de alimentos, além de proporcionar desenvolvimento estável no campo, gerando empregos e renda de maneira estável. Na atualidade, mais da metade da população mundial é dependente de alimentos que são produzidos em áreas irrigadas (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2012).

A irrigação é uma técnica milenar e sua história revela um percurso de riqueza, prosperidade e muita segurança. As civilizações antigas cresceram em

regiões secas ou áridas, onde a produção agrícola só acontecia mediante a irrigação. Dessa forma, grandes civilizações surgiram às margens dos rios, e com o tempo essas civilizações se tornaram grandes produtoras de alimentos (FERREIRA, 2011).

No Brasil, a origem da história da irrigação ocorreu no Rio Grande do Sul, durante a colonização do país. Naquela época, iniciaram-se os grandes cultivos de arroz irrigado, porém, sem tecnologia. Entre 1970 a 1980, as áreas irrigadas começaram a ter uma expressiva ocupação devido a incentivos do governo, mas somente em meados de 1980 houve um grande avanço na modernização dos equipamentos para este fim. Esse comportamento refletiu-se de maneira notável sobre o uso dos recursos hídricos (FERREIRA, 2011).

No passado, a irrigação era utilizada por opção técnica de aplicação de água que tinha como principal propósito a luta contra a seca. Atualmente, com foco no agronegócio, a irrigação incorpora-se em um conceito mais amplo de agricultura irrigada, sendo uma estratégia para aumentar a produção, a produtividade e a rentabilidade da propriedade agrícola de forma sustentável, com foco na preservação do meio ambiente e criando condições para manter o homem no campo, através da geração de empregos permanentes e estáveis (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2012).

Desta maneira, a irrigação consiste na aplicação artificial da água no solo, visando proporcionar a umidade adequada ao desenvolvimento das plantas irrigadas. É uma forma de suprir a escassez de água ocasionada pela falta ou a má distribuição das chuvas. Qualquer sistema de irrigação deve ser dimensionado para aumentar a produtividade e a qualidade do produto em relação aos cultivos sequeiros, ou seja, os realizados em áreas não irrigadas. Porém, deve-se levar em conta que a água não pode ser desperdiçada, por isso a irrigação deve ser implantada de forma consciente em relação a este aspecto (ABBOUD, 2013).

No Brasil, a irrigação depende de fatores climáticos. No Nordeste, que apresenta clima semi-árido, ou seja, de baixa umidade e volume pluviométrico, é uma técnica absolutamente necessária para a realização de uma agricultura racional, pois os níveis de chuva são insuficientes para suprir a demanda hídrica das plantas. Nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, esta técnica pode ser considerada como complementar de compensação da irregularidade das chuvas,

pois supre as irregularidades pluviométricas, chegando a possibilitar até três safras anuais (MELLO; SILVA, 2009).

A irrigação não deve ser considerada de forma isolada, mas como parte de um conjunto de técnicas utilizadas a fim de garantir a produção econômica de determinada cultura com apropriados manejos dos recursos naturais. Neste sentido, devem ser considerados os aspectos de sistemas de plantio, possibilidades de rotação de culturas, proteção dos solos, fertilidade do solo, manejo integrado de pragas e doenças, mecanização, entre outros, buscando-se a produção integrada e a melhor inserção nos mercados (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2012).

Um sistema de irrigação também é selecionado em função de sua viabilidade técnica e econômica. O melhor sistema é o que, mantendo as condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas, maximiza a eficiência e minimiza os custos de investimento e operação (ABBOUD, 2013).

Segundo Mantovani, Bernardo e Palaretti (2012), os métodos de irrigação podem ser divididos em irrigação por superfície, irrigação por aspersão e irrigação localizada. A seguir, será explanada uma breve contextualização sobre cada método.

A irrigação por superfície, conforme Ferreira (2011), é o método de irrigação não pressurizado, onde a distribuição da água ocorre por gravidade através da superfície do solo até a cultura. O mesmo autor destaca que os tipos de irrigação por superfície são:

- a) **Irrigação por sulcos:** a água é distribuída por pequenos canais abertos, escoando e infiltrando-se lentamente no solo.
- b) **Irrigação em faixas:** a água escorre por faixas do terreno, situadas paralelamente às fileiras das plantas com uma pequena diferença de nível.
- c) **Irrigação por inundação:** a água é distribuída em altas doses diretamente no solo, pelo efeito da gravidade. A água é aplicada de maneira que ela escoe e mantenha uma lâmina de água uniforme, durante um determinado tempo. Muito usado na cultura do arroz no sul do país, não devendo ser usada em culturas sensíveis à saturação do solo.

No método de irrigação por aspersão, de acordo com Mantovani, Bernardo e Palaretti (2012), a água é aspergida sobre as plantas ou na subcopa simulando uma precipitação (chuva) natural. Geralmente necessita de bombeamento, possui ampla

aplicabilidade e boa uniformidade de aplicação de água (75 a 90%) e pode ser móvel (portátil ou semiportátil, em que toda ou parte da tubulação é desmontável) e fixo (toda tubulação é fixa no campo). Os sistemas de irrigação por aspersão, segundo os mesmos autores, estão divididos da seguinte maneira:

- a) **Sistema de aspersão convencional:** muito utilizada em pequenas e médias propriedades. Possui vários aspersores funcionando simultaneamente numa mesma linha lateral, geralmente usando tubulações de PVC ou aço zincado;
- b) **Sistema de aspersão em malha:** este sistema é todo fixo, com as tubulações enterradas. É uma derivação da aspersão convencional, mas funciona somente com um aspersor por linha lateral (malha) em vez de vários como no convencional;
- c) **Sistema de aspersão por pivô central:** sistema para irrigação em áreas de tamanho médio e grande, com aplicação de água através de aspersores, difusores ou emissores localizados em bengalas. Possuem médio consumo de energia e baixa necessidade de mão-de-obra. Este sistema avançou muito tecnicamente e apresenta inúmeras possibilidades de uso nos diferentes sistemas de produção, e seu uso é o que mais cresce, sendo o grande responsável pela expansão da área irrigada no Brasil. Pode ser usado tanto em culturas anuais quanto nas perenes;
- d) **Sistema de aspersão por autopropelido:** o aspersor é um canhão hidráulico montado sobre um carrinho, que se desloca em movimento retilíneo ao longo da área a ser irrigada. Apresenta média eficiência de irrigação e grande consumo de energia. É tracionado por cabo de aço ou mangueiras e utilizado em pastagens, citros, cana-de-açúcar, entre outros.

A irrigação localizada consiste, segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2009), na aplicação da água no solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades (1 a 160 litros por hora) e com alta frequência (um a quatro dias), a fim de manter a umidade do solo na zona radicular próxima à “capacidade do campo”. A aplicação da água é feita por meio de tubos perfurados com orifícios de diâmetro reduzido ou por gotejadores e microaspersores denominados emissores, dos mais diferentes tipos, modelos e características.

Os mesmos autores enfatizam ainda que o gotejamento e a microaspersão diferem-se entre si quanto à aplicação da água. No gotejamento aplicam-se vazões menores (1 a 20 litros/hora, gota a gota), enquanto que na microaspersão as vazões são aplicadas de forma pulverizada (20 a 150 litros/hora).

A irrigação, segundo Mello e Silva (2009), oferece inúmeras vantagens quando empregada de forma racional, destacando-se:

- a) o suprimento em quantidade e na época correta das necessidades hídricas das plantas, podendo aumentar consideravelmente o rendimento das colheitas;
- b) garante a exploração agrícola, independentemente da quantidade de chuvas;
- c) permite o cultivo e/ou colheita mais de uma vez ao ano em determinadas regiões;
- d) proporciona um controle eficaz de ervas daninhas (arroz por inundação); e
- e) por meio da fertirrigação, facilita e diminui os custos da aplicação de corretivos e fertilizantes hidrossolúveis.

Para implantar um sistema de irrigação, outro fator a ser considerado é a questão ambiental, pois existe uma ampla legislação sobre o meio ambiente, no âmbito de seu uso e conservação. Neste sentido, destaca-se a Lei nº 6.938, de 31/08/81, que dispõe diretamente sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Esta lei visa à manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente um patrimônio público a ser assegurado e protegido, sempre objetivando o seu uso coletivo. Alia-se a isso a racionalização, o uso do solo, do subsolo, da água e do ar, o planejamento e a fiscalização, sempre preservando a utilização dos recursos ambientais (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2012).

Porém, Abboud (2013), relata que os desafios da agricultura irrigada no Brasil são muitos, destacando entre eles a conscientização dos produtores do uso racional da água, o desenvolvimento de práticas de manejo de água e nutrientes (fertirrigação), desenvolvimento de cultivares que respondam melhor ao uso da água, aumento da produtividade por unidade de água aplicada, obter melhor gerenciamento das redes de estações meteorológicas, desenvolvimento de técnicas de uso de água residuária e de reuso da água, melhorar as técnicas de operação e

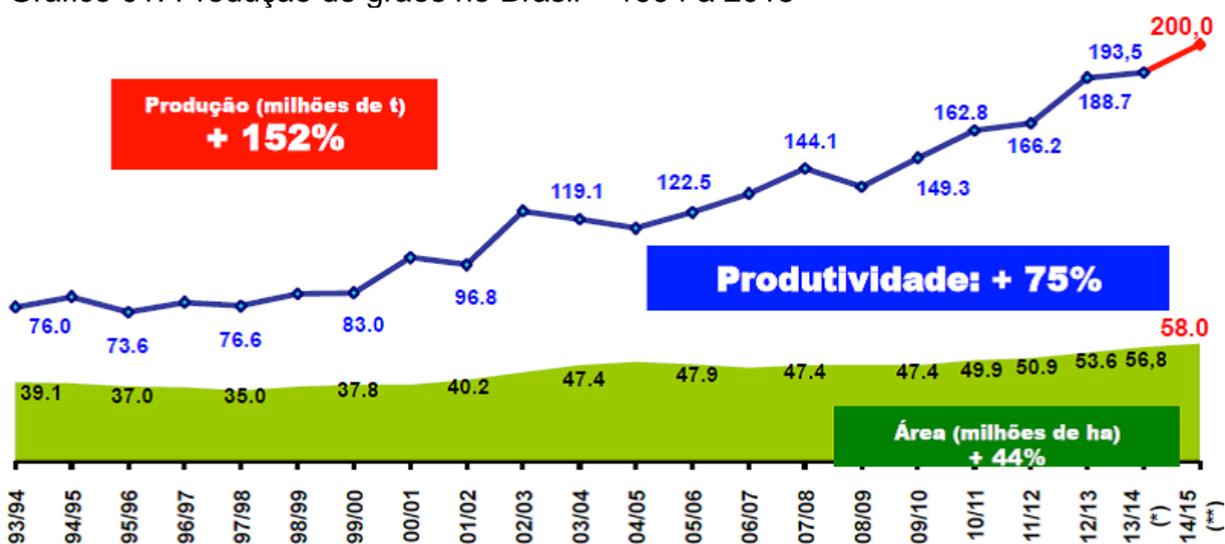
manutenção dos sistemas de irrigação para diminuir as perdas na condução e distribuição da água e aumentar a vida útil do sistema.

2.6 COMMODITIES AGRÍCOLAS

Commodities são produtos intensivos em recursos naturais em estado bruto (primários) ou com pequeno grau de industrialização. Engloba produtos agrícolas (em estado bruto e/ou industrializados), minerais (em estado bruto e/ou industrializados) e energia. Estes produtos são caracterizados pela produção padronizada e em elevadas quantidades, cujos preços são formados em bolsas de mercadorias no país ou no exterior. Um produtor individual tem pouca ou nenhuma influência sobre os preços, sendo sua liderança em custos a principal estratégia competitiva. Esta deve estar baseada na exploração de economias de escala e escopo, ganhos de produtividade, racionalização dos processos produtivos, acesso aos recursos naturais, condições de infraestrutura e logística, entre outros (NAKAHODO; JANK, 2006 *apud* VERÍSSIMO; XAVIER, 2014).

No gráfico 01 constata-se a produção de grãos no Brasil de 1994 até 2015:

Gráfico 01: Produção de grãos no Brasil – 1994 a 2015



Fonte: Conab/MAPA. Elaboração: Deagro/SPA *apud* MAPA (2015).

(*) Estimativa: maio/14. (**) Projeção.

Verifica-se no gráfico 01 que a estimativa da safra de 2014 seja de 193,5 milhões de toneladas em uma área de 56,8 milhões de hectares. Para a safra

2014/15 a expectativa de produção de grãos é de 200 milhões de toneladas numa área de 58,0 milhões de hectares (MAPA, 2015).

Ao se examinar a trajetória dos preços das principais *commodities* de exportação brasileiras (soja, milho, algodão, açúcar, carnes bovina, de frango e suína) percebe-se uma forte elevação de preços entre 2004 e 2010, conforme demonstrado no quadro 03:

Quadro 03: Receita média anual com exportações por produto

	Receita Média Anual com Exportações, em bilhões de Reais, entre 2004 e 2007	Receita Média Anual com Exportações, em bilhões de Reais, entre 2008 e 2010	Crescimento na Receita Anual média com Exportações entre 2004-2007 e 2008-2010
Soja em Grão	13,5	20,5	50,7%
Milho em Grão	1,6	2,8	81,3%
Algodão Debulhado	0,8	1,4	75,0%
Café em Grão	5,8	8,1	39,6%
Açúcar Bruto	6,2	11,6	87,1%
Carne Bovina Desossada Congelada	4,7	5,9	25,5%
Carne de Frango Congelada	2,4	3,9	62,5%
Carne Suína Congelada	1,8	2,0	11,1%

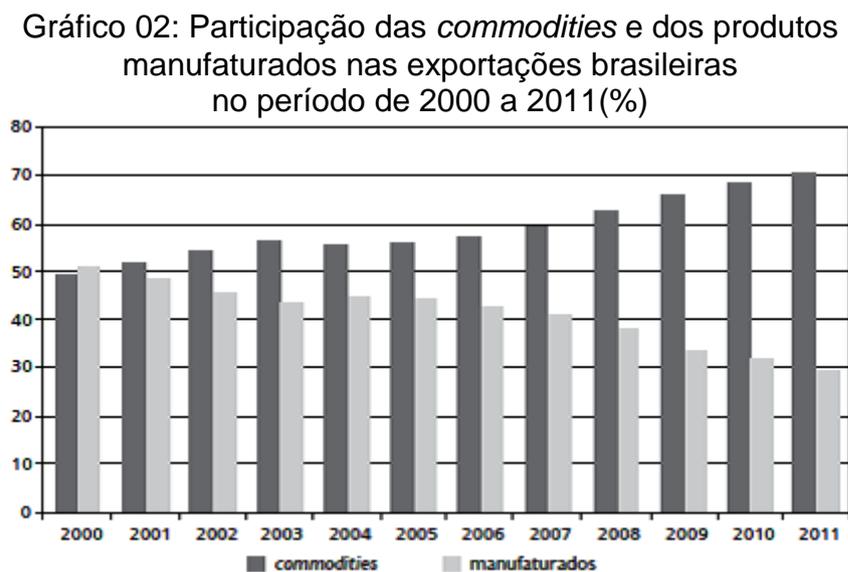
Fonte: SECEX-MDIC *apud* SEAGRI (2011).

De acordo com o quadro 03, a soja é o produto com maior importância para a pauta exportadora brasileira. Em 2010, as exportações de soja em grãos ultrapassaram o valor de US\$ 11 bilhões. Grande parte desse resultado contou com a demanda da China, maior comprador de soja no mercado internacional e segundo maior produtor de óleo de soja no mundo. Já a produção do milho no Brasil está altamente associada à produção de soja, por conta do sistema de rotação de terrenos (manejo do solo). No entanto, a alta liquidez da soja no mercado internacional acaba por inibir a produção do milho, sendo destinada uma área maior para o plantio desse produto (SEAGRI, 2011).

Neste sentido, Wilkinson (2009), destaca que os Estados Unidos, o Brasil, a Argentina e o Paraguai são os quatro principais países produtores mundiais de soja. Juntos concentram 90% da produção mundial e desenvolvem uma estratégia

conjunta visando alavancar novos mercados e ampliar o consumo de soja convencional, transgênica e orgânica.

Em relação as exportações, o gráfico 02 apresenta a participação das *commodities* e dos produtos manufaturados no período compreendido entre 2000 e 2011:



Fonte: MDIC *apud* Veríssimo e Xavier (2014).

Veríssimo e Xavier (2014), destacam que os dados do gráfico 02 apontam uma participação crescente das *commodities* nas exportações do país, passando de 49,3% em 2000 para 70,9% em 2011, aumentando sua participação em 21,6%. Por outro lado, verifica-se uma perda quase contínua da participação nas exportações dos produtos manufaturados no período, passando de 50,7% em 2000 para 29,1% em 2011. Este cenário assinala um processo de especialização da estrutura exportadora em bens intensivos em recursos naturais, em que o país apresenta vantagens comparativas, em conjunto com um contexto de preços e demanda externa favorável para este tipo de produto.

Já o quadro 04 apresenta o ranking mundial das produções e exportações do agronegócio brasileiro em 2015:

Quadro 04: Ranking mundial da produção e das exportações brasileiras do agronegócio em 2013

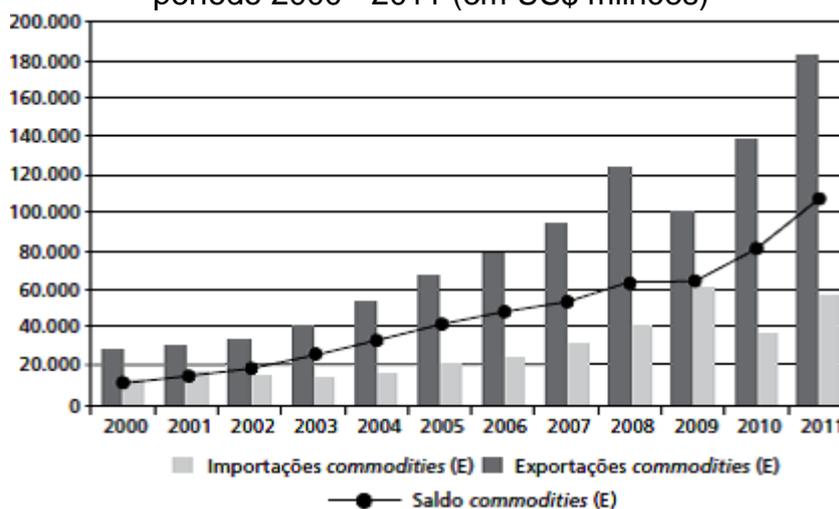
Produto	Produção	Exportação	Número de Países	Exportações US\$ Bilhões
Açúcar	1º	1º	132	Rússia
Café	1º	1º	129	EUA
Suco de Laranja	1º	1º	74	Bélgica
Soja em Grão	2º	1º	42	EUA
Carne Bovina	2º	1º	143	China
Carne de Frango	3º	1º	145	Rússia
Óleo de Soja	3º	2º	47	-
Farelo de Soja	3º	2º	60	Japão
Milho	3º	1º	76	Irã
Carne Suína	4º	4º	72	Rússia

Fonte: MAPA (2015).

No quadro 04 verifica-se que o crescimento da produção e das exportações do agronegócio nas últimas décadas ampliou a inserção da agropecuária brasileira no mercado internacional. Desta maneira, assegura-se ao país uma posição de destaque entre as principais potências agrícolas mundiais (MAPA, 2015).

Comparando-se as exportações com as importações de *commodities*, o gráfico 03 explana a evolução do saldo comercial destas variáveis de 2000 a 2011:

Gráfico 03: Saldo comercial das *commodities* no período 2000 - 2011 (em US\$ milhões)



Fonte: MDIC *apud* Veríssimo e Xavier (2014).

Observa-se, conforme o gráfico 03, que o saldo foi superavitário ao longo do período, bem como apresentou constantes índices de crescimento, especialmente a

partir de 2002, onde foi favorecido pelo aumento expressivo das exportações mediante o contexto de preços internacionais elevados, crescimento da demanda mundial, destacando-se a economia chinesa, e apreciação da taxa de câmbio real. No ano de 2009, em decorrência dos efeitos da crise internacional, o valor das exportações de *commodities* diminuiu, porém manteve níveis relativamente altos, atingindo seu pico em 2011 (US\$ 181,5 bilhões). Em 2011, o saldo comercial das *commodities* atingiu patamar recorde, com um valor de US\$ 108,7 bilhões (VERÍSSIMO; XAVIER, 2014).

2.7 ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS (OGMs)

Organismos Geneticamente Modificados (OGM), também conhecidos por transgênicos, são seres vivos manipulados em laboratório com a finalidade de incorporar uma ou mais características encontradas naturalmente em outras espécies. Esses transgênicos foram desenvolvidos para resistir a herbicidas e/ou matar insetos. Dos cultivados, atualmente, 77% apresentam características para serem resistentes a herbicidas, 15% são os chamados cultivos Bt (possuem inseridos uma bactéria chamada *Bacillus thuringiensis*) para matar insetos-alvo que se alimentam da planta, e 8% combinam as duas características anteriores (LONDRES, 2014).

Conforme Silveira, Borges e Buainain (2005), a biotecnologia passou a ser introduzida na agricultura por meio de sementes geneticamente modificadas a partir de 1996. A difusão dos cultivos geneticamente modificados está relacionada a ganhos econômicos para os agricultores, como redução de custos, aumento da produtividade e aumento da eficiência administrativa do controle de pragas.

Já Ramos (2013), considera que com o desenvolvimento dos OGMs se implantou a segunda revolução verde. O primeiro OGM amplamente cultivado no Brasil foi a soja RR (*Roundup Ready*) da Monsanto, contrabandeada da Argentina, sendo que em 2003 uma Medida Provisória legalizou o plantio desse cultivo.

De acordo com a CIB *apud* Renorbio (2003), as três principais culturas-alvo dos transgênicos são o milho, o algodão e a soja. Existe um ganho de produtividade devido a essas variedades serem mais resistente a pragas, demandando menor quantidade de insumos e defensivos, o que resulta em menor perda de produção.

Uma pesquisa realizada pela cooperativa Cotrijal com 38 produtores no Centro-Oeste americano, identificou ganhos de produtividade cultivando soja transgênica ao invés da soja convencional. Os ganhos foram em média de 4,5 sacos produzidos a mais por hectare (SEMENTES AGROCERES, 2014).

A Agrolink (2009) destaca ainda que a colheita de milho transgênico realizada em um campo experimental no município de Jóia, Rio Grande do Sul, apresentou um balanço positivo. Segundo José Domingos Lemos Teixeira, a produtividade dos híbridos com gene modificado apresentaram-se em média 16,6% superiores as suas sementes correspondentes convencionais.

Em contrapartida, Londres (2014) sustenta que os transgênicos não foram desenvolvidos para serem mais produtivos, pois para que isto ocorra seria necessário a integração de um conjunto de estratégias, como recuperação do solo, aumento da biodiversidade do sistema, entre outros, além do aumento do potencial genético da planta. Cita também uma publicação, de 2001, do Dr. Charles Benbrook, do Centro de Ciências e Política Ambiental do Noroeste, de Idaho (Estados Unidos), onde os resultados comprovaram que a produtividade média da soja transgênica é, em média, 2 a 8% menor que das variedades convencionais.

Porém, como há contradições sobre a produtividade entre os autores que abordam este assunto, esta pesquisa sentiu a necessidade de citar o uso de sementes transgênicas, visto que estas também poderão influenciar a produtividade de uma lavoura. Neste sentido, a variação produtiva não se originaria somente pelas técnicas de agricultura de precisão, sendo necessária a constatação do tipo de semente usada a cada ano pelo produtor da área pesquisada. Alguns autores abordam que as sementes transgênicas resultam em ganhos de produtividade, o que levaria a uma tendência cada vez maior da utilização das mesmas. Porém, outros são contraditórios, alegando que a semente não agrega em produtividade, somente mostra-se resistente aos herbicidas e/ou aos insetos e nada além disso.

3 METODOLOGIA

O vocábulo método tem sua origem na palavra grega *meta*, que significa “na direção de”, e de *hodos* que se refere a caminho. Portanto, pode-se definir método como “seguir um caminho ou a ordem a que se sujeita qualquer tipo de atividade, com vistas a chegar a um fim determinado” (SANTOS, 2005, p. 93).

A metodologia deste trabalho consiste em apontar o tipo de pesquisa aplicada, o método de abordagem, o tipo de pesquisa quanto aos objetivos com base nos procedimentos técnicos utilizados e a sua unidade de estudo. Além disso, serão descritos como foram obtidos os dados e a maneira como eles foram tratados.

Este estudo utiliza-se do método dedutivo, pois Santos (2005, p. 178), destaca que “o método dedutivo tem suas proposições enfocadas na situação geral para explicar as particularidades e chegar à conclusão da afirmativa”. Seguindo esta linha de pensamento, a presente pesquisa abordou um tema central, que é a agricultura de precisão. Em seguida, objetiva-se atingir uma particularidade específica, que está relacionada com a produtividade em uma propriedade rural, observando-se os impactos produtivos causados pela mesma.

Em relação ao tipo de pesquisa aplicada no estudo, este trabalho constitui uma pesquisa exploratória quanto aos seus objetivos, pois seu planejamento é bastante flexível, o que possibilita a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Já com base nos procedimentos técnicos utilizados, a pesquisa classifica-se em bibliográfica, pois é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Os livros constituem fontes bibliográficas por excelência, e esse tipo de pesquisa permite ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela pesquisada diretamente. Porém, convém analisar cada informação e utilizar fontes diversas para evitar as que apresentam dados coletados ou processados de forma equivocada (GIL, 2007).

Além disso, a pesquisa também pode ser considerada como documental, pois de acordo com Marconi e Lakatos (2003), a pesquisa documental possui como característica a fonte de coleta de dados restritos a documentos, escritos ou não, constituindo fontes primárias. Podem ser feitas no momento da ocorrência do fato ou fenômeno ou depois. Neste sentido, o presente estudo possui esta característica,

pois foram acrescentados dados e documentos da empresa, como o mapa de amostragem de solo, por exemplo.

Conforme Gil (2007), a pesquisa elaborada neste trabalho pode ainda ser classificada como um estudo de caso, pois consiste no estudo de um ou poucos objetos, preservando seu caráter unitário e descrevendo a situação do contexto em que está sendo feita a investigação. Não tem uma base para a generalização do caso, mas tem o propósito de proporcionar uma visão global do problema e de identificar possíveis fatores que o influenciam.

A unidade de estudo deste trabalho consiste em analisar uma propriedade rural em que a produção esteja voltada à aplicação da agricultura de precisão em área irrigada, tendo como base a busca pela inovação e o incremento de tecnologias no sistema produtivo. A pesquisa consiste em um estudo de caso, onde os resultados atingidos serão atribuídos a uma propriedade específica, não sendo necessariamente este o efeito produtivo causado em todas as áreas que se beneficiam com estes métodos de produção.

A coleta e o tratamento dos dados consistem em reunir os dados necessários que possibilitem satisfazer o objetivo proposto neste estudo. Desta maneira, Santos (2005), menciona que a entrevista é um excelente instrumento de pesquisa usado no mundo das organizações, com múltiplas finalidades. Deve sempre haver um planejamento prévio, obter dados em conformidade com os objetivos do trabalho, registrar de modo seguro esses dados e analisá-los de forma técnica e sem vícios.

O mesmo autor também relata que a entrevista é um grande aliado dos pesquisadores, porém a sua eficácia passa pela competência e preparo do entrevistador. Esta preparação se refere ao ambiente, horário, conhecimento e informações sobre o entrevistado e certeza dos objetivos da entrevista.

Sobre os questionários, Marconi e Lakatos (2002), mencionam que um questionário é um instrumento de coleta de dados composto por uma série ordenada de perguntas, onde as mesmas devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador. Quanto a sua forma, podem ser classificados como de perguntas abertas, de perguntas fechadas ou dicotômicas e de perguntas de múltipla escolha.

Os questionários de perguntas abertas permitem ao informante responder livremente, com linguagem própria e emitindo opiniões. Possibilita investigações

mais precisas e profundas e sua análise é difícil, complexa, cansativa e demorada. Os questionários de perguntas fechadas ou dicotômicas são aqueles que o informante escolhe entre duas opções: sim ou não. As respostas são objetivas, facilita o trabalho do pesquisador, mas restringe a liberdade das pessoas. Os questionários com perguntas de múltipla escolha possuem perguntas fechadas, mas apresentam uma série de possíveis respostas. São facilmente tabuláveis e proporcionam uma exploração em profundidade quase tão boa quanto o de perguntas abertas. Neste sentido, o questionário é composto por perguntas abertas e semiabertas (MARCONI; LAKATOS, 2002).

A coleta dos dados desta pesquisa foi realizada, primeiramente, através da aplicação de uma entrevista devidamente elaborada, mediante questionário previamente formulado, conforme Apêndices A e B, para a obtenção de todos os dados necessários para uma análise criteriosa sobre o tema abordado. A entrevista aplicada na lavoura, efetuada diretamente com o proprietário ou responsável pela área em análise, em horário e local previamente agendado, segue o modelo descrito no Apêndice A. Já a entrevista aplicada na concessionária de máquinas agrícolas segue o modelo descrito no Apêndice B. No Apêndice C – Carta de Cessão - consta a autorização da divulgação dos dados concedida pelos entrevistados.

Num segundo momento, a entrevista foi redigida e enviada via e-mail ao entrevistado para análise e conferência das informações, bem como para adicionar dados de séries históricas que por acaso não dispusesse na hora da entrevista e acrescentar algo relevante que não havia sido mencionado por este. Em seguida, a mesma foi retornada ao entrevistador via e-mail, para que desta forma as informações contidas neste trabalho estivessem de acordo com a veracidade dos fatos. Esta segunda parte pode ser considerada como o método de aplicação de questionário.

Porém, cabe destacar que a propriedade possui a terceirização do sistema de coleta, análise e confecção dos dados referentes às análises de solo. Neste sentido, as perguntas da entrevista em relação a este assunto, bem como os valores exercidos para a prestação deste serviço foram direcionadas diretamente para a empresa responsável por gerir estas informações para a propriedade em análise.

Da mesma forma, seguindo o método adotado na propriedade em estudo, foi efetuada a pesquisa de preços em concessionária autorizada para a obtenção dos

valores de mercado dos principais produtos utilizados para a incorporação da agricultura de precisão no campo. Posteriormente, foram estudados e analisados os dados obtidos, tanto na lavoura quanto na concessionária, e concluídos se os objetivos propostos neste trabalho foram atingidos parcial ou totalmente e descrito uma visão sobre o tema abordado.

Para cumprir o primeiro objetivo foi realizada uma pesquisa bibliográfica, baseada em material já elaborado por diversos autores que abordam o uso da tecnologia de agricultura de precisão no campo. Este estudo foi realizado com base em vários materiais a fim de comprovar a importância do uso destas tecnologias nesta área de pesquisa, bem como obter os mais diversos pontos de vista sobre o assunto. Além disso, foi descrito como o agricultor organiza a aplicação de fertilizantes e corretivos para o solo, bem como é realizada a coleta de dados sobre a quantidade produzida em cada área da propriedade para fins de análises criteriosas que servirão de base na tomada de decisão.

O segundo objetivo, a exemplo do primeiro, foi descrito com base em pesquisas bibliográficas, apontando algumas tecnologias disponíveis no mercado para tornar a agricultura de precisão uma prática no campo. Além disso, para auxiliar as informações coletadas, foi feita uma pesquisa de mercado em sites de empresas do ramo, a fim de averiguar algumas linhas de produtos disponíveis aos produtores. Porém, os produtos mencionados neste trabalho não se referem a nenhum tipo de propaganda ou indução ao uso dos equipamentos dessas marcas, sendo somente utilizados para entender suas funções e utilidades no meio rural.

Para isso, optou-se pelos produtos oferecidos pela empresa multinacional John Deere por ser esta uma empresa que oferece uma ampla diversidade de produtos desenvolvidos e direcionados para a agricultura de precisão, abrangendo desta maneira o objetivo proposto nesta pesquisa. Outro fator determinante é a sua localização geográfica, por estar situada na cidade de Horizontina, estado do Rio Grande do Sul, a mesma oferece maior facilidade de acesso às informações.

Posteriormente, para atingir o terceiro objetivo, foi realizada uma pesquisa de preços, onde os valores foram obtidos mediante pesquisa de mercado. Para a pesquisa de preços, considerou-se os preços praticados pela empresa SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda., concessionário John Deere, pelos motivos citados anteriormente e por seus produtos terem servido de base para a elaboração

deste trabalho. Esses valores serviram de base para o cálculo do investimento necessário para introduzir esses equipamentos de precisão em uma lavoura. Porém, convém lembrar que a introdução dessas tecnologias poderá ser feita de modo gradual, sendo assim o investimento diluído por vários anos.

Por fim, para abranger os dados necessários para atender o quarto objetivo, foi feita uma pesquisa de campo, onde foram coletados e analisados os dados da lavoura em estudo. Para tanto, foi efetuada uma visita numa propriedade previamente definida e, por conveniência, estando ao alcance do pesquisador, localizada na cidade de Cruz Alta, região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de aplicar uma entrevista mediante questionário previamente elaborado.

A finalidade desta entrevista foi reunir todos os dados para a elaboração de uma análise criteriosa sobre o desempenho produtivo da lavoura com a utilização das tecnologias abrangidas pela agricultura de precisão. Porém, a análise teve uma ênfase especial para os cultivos em áreas irrigadas, a fim de obter uma maior aproximação com a realidade da evolução do potencial produtivo em lavouras com a utilização da agricultura de precisão. Desta maneira, a influência do clima sobre o desenvolvimento das plantas será amenizado.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise e apresentação dos resultados visa obter e verificar os resultados obtidos dos preços dos principais equipamentos utilizados para a incorporação das técnicas de agricultura de precisão no campo, bem como os impactos produtivos causados pela introdução desta tecnologia. Para tanto, foram computados os valores exercidos pela empresa SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. e da produtividade média atingida pela empresa Sementes Aurora em seus campos de produções, localizadas nos municípios de Horizontina e Cruz Alta, respectivamente, ambas no estado do Rio grande do Sul.

4.1 PESQUISA DE PREÇOS DE EQUIPAMENTOS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO

Para a pesquisa de preços das principais tecnologias e equipamentos utilizados para a introdução da agricultura de precisão em uma propriedade rural, foram utilizados por base, conforme mencionado anteriormente, os preços praticados pela SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda., situada no município de Horizontina, Rio Grande do Sul. Os dados foram fornecidos pelo Sr. M. G. F., Especialista em Equipamentos de Agricultura de Precisão da empresa. Estes dados referem-se ao período do mês de maio de 2015, porém convém mencionar que são produtos que possuem variação conforme a moeda do Dólar.

A SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. não considera as técnicas de irrigação como componente das técnicas de agricultura de precisão. Porém, existem nesta área equipamentos capazes de realizar a irrigação por precisão, que consiste nas aplicações exatas de água conforme as necessidades das plantas, evitando desperdícios ou aplicações excessivas de água.

A John Deere utiliza um canal de satélite pago. Desta maneira, a empresa disponibiliza aos seus clientes três tipos de sinais utilizados para as técnicas de agricultura de precisão: o SF1 (*StarFire*) ou Sinal Cru, o SF2 (*StarFire*) e o sinal RTK (*Real Time Kinematic*).

O quadro 05 explana os valores referentes aos tipos de sinais disponibilizados pela John Deere:

Quadro 05: Valores para a disponibilização dos sinais de satélites para a agricultura de precisão

Tipos de Sinal	Margem de Erro Máximo	Valor do Equipamento (R\$)	Assinatura Semestral (R\$)	Assinatura Anual (R\$)
SF1 ou Sinal Cru	23,0 cm	-	Isento	Isento
SF2	5,0 cm	-	2.000,00	2.600,00
RTK	2,5 cm	13.000,00	Isento	Isento

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

De acordo com a empresa SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. e conforme descrito no quadro 05, observa-se que os sinais dos satélites apresentam as seguintes características e valores:

- a) **SF1 ou Sinal Cru (*StarFire*):** possui um erro máximo de 23 cm. Porém, na prática a empresa observou que o seu sinal tem apresentado taxas muito pequenas de variação, sendo uma boa alternativa para os agricultores que desejam adquirir essa tecnologia. Este tipo de sinal é isento de mensalidade.
- b) **SF2 (*StarFire*):** possui um erro máximo de 5 cm. A liberação deste tipo de sinal é feita mediante a aquisição por meio de assinatura, que pode ser semestral ou anual, com custos de R\$ 2.000,00 e R\$ 2.600,00, respectivamente.
- c) **RTK (*Real Time Kinematic*):** os sinais são recebidos dos satélites via rádio. É colocada uma base num local estratégico da lavoura (preferencialmente no ponto geográfico mais elevado) e esta consegue transmitir o sinal sem distorções por um raio de 19 km. Possui uma margem de erro máxima de 2,5 cm, e uma das suas vantagens é a repetitibilidade, pois a linha por onde os equipamentos são conduzidos é sempre a mesma, evitando assim desperdícios, como no caso da pulverização, por amassamentos de plantas, já que este tipo de serviço geralmente se realiza em vários estágios da planta. O recebimento deste tipo de sinal é isento de mensalidade, porém possui um custo de R\$ 13.000,00 para a aquisição dos aparelhos (rádio mais ativação do sinal).

A figura 19 apresenta uma Base RTK fixa e outra móvel instalada em um ponto da lavoura:

Figura 19: Base RTK fixa (a) e Base RTK móvel (b)



Fonte: SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

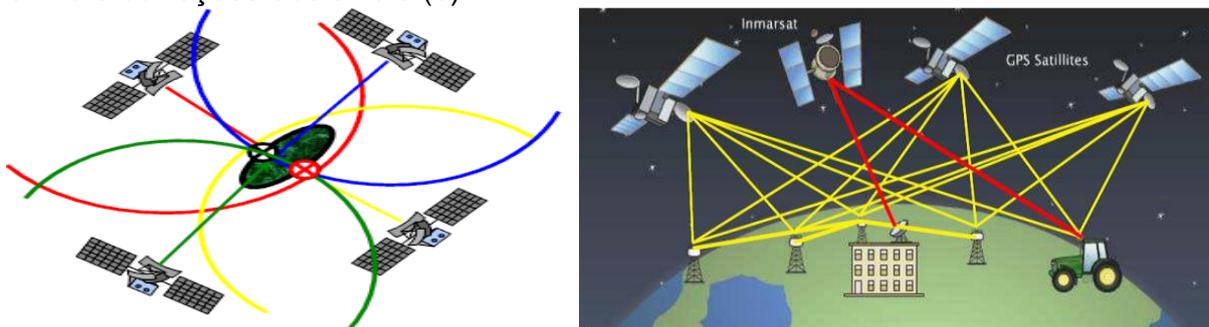
A Base RTK fixa, conforme a figura 19 (a), é instalada geralmente até um ponto máximo de dois metros de altura, para que esta não apresente variações, motivadas pela ação do vento, por exemplo. Já a antena do rádio RTK quanto mais alta estiver instalada melhor, pois desta maneira evitará interrupções do sinal causadas por obstáculos, mantendo sempre uma perfeita sintonia de transmissão do sinal entre a antena e o equipamento em atividade no campo.

A Base RTK móvel, de acordo com a figura 19 (b), funciona parada em um ponto estratégico da lavoura, com alimentação de uma bateria, enviando um sinal corrigido do GPS para o equipamento que está trabalhando em campo. Não há limites de equipamentos que recebem o sinal de correção ao redor da base.

Cabe ressaltar que a empresa John Deere não trabalha com aparelhos de GPS, por considerar que estes são somente indicadores de posição. O sistema disponibilizado pela empresa é a utilização do piloto automático com sinais de satélites ou constelações de satélites GPS (americana) ou *Glonass* (russa).

A figura 20 apresenta o sistema global de navegação por satélite, destacando a distribuição dos satélites em torno da terra e como é realizada a correção dos sinais emitidos para a obtenção de informações precisas.

Figura 20: Sistema Global de Navegação por Satélite - distribuição dos satélites (a) e envio e correções dos sinais (b)



Fonte: SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

Conforme a figura 20 (a), o funcionamento da transmissão dos sinais de localização é feita através de quatro satélites, formando um círculo e um ponto de correção preciso. Cada satélite forma um arco de cobertura em torno do globo terrestre. Já a figura 20 (b) demonstra que a correção é feita via satélite, sendo que o satélite envia o sinal para centros de correções, onde estes, posteriormente, encaminham o sinal para uma base nos Estados Unidos. Após os sinais são remetidos para o satélite Inmarsat, que são satélites de transmissão particular inglesa, sendo em seguida emitidos para o trator, colheitadeira, pulverizador autopropelido (também chamados de pulverizadores automotrizes ou autopropulsados) ou equipamento equipado para receber este tipo de sinal.

Portanto, para todos os tipos de sinais faz-se necessária a instalação de um piloto automático. Este piloto automático é composto por um receptor para adquirir o sinal, um monitor e uma placa eletrônica, e pode ser de dois tipos:

- a) **Piloto Automático Hidráulico:** utilizado em toda a linha de equipamentos John Deere, como em tratores, colheitadeiras, pulverizadores autopropelidos, forrageiras, colhedoras de cana-de-açúcar e colhedoras de algodão. Possui um dispositivo em que somente o rodado é movimentado, sendo que o volante não se movimenta durante as operações. Permite a programação para trabalho em retas ou curvas, fazendo a correção durante 95% do tempo.
- b) **Piloto Automático Elétrico:** pode ser adaptado a qualquer marca de tratores, colheitadeiras, pulverizadores autopropelidos ou equipamentos utilizados para a agricultura de precisão, desde que estes possuam direção hidráulica. Sendo assim, poderá obter-se um ótimo funcionamento, pois o

que gira o volante é um motor elétrico, e se a direção for pesada dificultará o trabalho. A instalação deste tipo de piloto automático consiste em adaptar um volante no equipamento e este se movimentará conforme as coordenadas que foram programadas.

A seguir, o quadro 06 apresenta os valores referentes à aquisição do piloto automático para ser instalado em tratores, colheitadeiras ou pulverizadores autopropelidos:

Quadro 06: Preços do piloto automático John Deere

Piloto Automático	Equipamento	Composição	Valor (R\$)
Hidráulico	John Deere	Receptor, Monitor e Placa Eletrônica	35.000,00
Elétrico	Independente	Receptor, Monitor e Placa Eletrônica	35.000,00

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

De acordo com o quadro 06, o custo para a aquisição de ambos os aparelhos, tanto o piloto automático hidráulico quanto o elétrico, é de R\$ 35.000,00. Cabe destacar também que é possível a utilização da mesma antena de recepção dos sinais, tanto em tratores como em colheitadeiras, pulverizadores autopropelidos, ou outros equipamentos utilizados na propriedade. Nas máquinas fabricadas pela John Deere, os chicotes já estão de acordo e a mudança é rápida (cerca de 10 min). Já nas máquinas de outras marcas, faz-se necessário a adaptação de um chicote para que o mesmo esteja de acordo com a antena em uso.

As vantagens do piloto automático, conforme o estágio de produção, são:

- a) **Plantio:** precisão entre passadas. Conforme estudos elaborados pelo concessionário SLC Comercial de Horizontina, ficou comprovado que sem a utilização do piloto automático a distância entre uma passada e outra é de 10 cm maior do que com a utilização deste equipamento. Isto significa que o plantio realizado com uma plantadeira de 9 linhas, obtém-se um ganho de 5 linhas por hectare com a utilização do piloto automático, o que maximizará a utilização da área plantada.
- b) **Pulverização:** evita o amassamento das plantas, pois as passadas serão sempre no mesmo local, já que este geralmente é realizado em vários

estágios da planta. Além disso, evita-se a sobreposição de produtos, evitando desperdícios.

- c) **Colheita:** na colheita trabalha-se com 100% da capacidade da plataforma, evitando passadas repetidas, o que resulta em menor consumo de combustível, menos custos com manutenção, já que a máquina trabalhará menos tempo para colher a mesma área e, além disso, haverá menores custos com horas de operador. Obtém dessa forma uma diminuição da janela de colheita. Sem o piloto automático estima-se a perda média de um pé da plataforma por passada (cerca de 0,3048 metros).

Além disso, o piloto automático permite o trabalho com precisão em jornadas noturnas. Neste período, onde a visibilidade torna-se um fator de dificuldade para a realização das atividades agrícolas com precisão, este equipamento auxiliará a maximizar os fatores produtivos.

Para a confecção dos dados, são utilizados *softwares* específicos elaborados para a agricultura de precisão. A John Deere disponibiliza aos seus clientes o *software* Apex, onde os dados são extraídos do monitor e repassados via pen drive para o *software*. É um gerenciamento de fazendas que permite, entre outros, o cálculo dos custos de operações, elaboração de mapas de produtividade e elaboração de mapas para aplicação de insumos a taxas variáveis.

O quadro 07 apresenta o custo para a aquisição do *software* Apex:

Quadro 07: Valor *Software* Apex

Software	Valor (R\$)
Apex	2.000,00

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

Conforme o quadro 07 verifica-se que o custo para a aquisição do *software* Apex é de R\$ 2.000,00. Este *software* permite gerenciar, a partir do escritório, custos e rastreabilidade de culturas, produtividade, variedades, agroquímicos, entre outros.

O quadro 08 destaca os valores para um produtor adquirir um kit com sensores e placas para a aplicação de fertilizantes a taxas variáveis:

Quadro 08: Valor kit com sensores e placas

Equipamento	Valor (R\$)
Kit com Sensores e Placas	15.000,00

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

Verifica-se, segundo o quadro 08, que o custo de um kit com sensores e placas é de R\$ 15.000,00. Este kit tem por base adaptar um mecanismo com sensores para aplicação de fertilizantes a taxa variada (eletrônico com uso do piloto automático). Este sistema possui um dispositivo que faz as engrenagens que liberam os insumos alterarem a sua velocidade de rotação. Esta alteração de velocidade ocorre de acordo com as informações de deficiência do solo contidas na área mapeada.

Além disso, outro equipamento importante no gerenciamento agrícola é o monitor de plantio, que consiste em colocar um sensor em cada condutor (linha) da plantadeira e um monitor na cabine do trator. Este tem a finalidade de monitorar o plantio e evitar falhas, por exemplo, se o operador programar que devem cair 3 sementes por condutor em cada metro, e a medida que a plantadeira se deslocar essa distância e as sementes não tiverem passadas pelo sensor, este emitirá um sinal sonoro no monitor para que o operador possa verificar o motivo da falha. Este equipamento também possibilita o armazenamento para a confecção de gráficos da quantia de sementes que passaram em cada condutor, bem como a quantia total de sementes plantadas em determinada área.

O quadro 09 explana o valor de um monitor de plantio para uma plantadeira de 9 linhas:

Quadro 09: Valor monitor de plantio

Equipamento	Número de Linhas	Valor por Linha (R\$)	Valor Total (R\$)
Monitor Plantio	-	-	4.500,00
Sensor de Linha	9	305,00	2.745,00
Total	-	-	7.245,00

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

O valor do monitor de plantio, conforme o quadro 09, para adaptar em uma plantadeira é de R\$ 4.500,00 mais o valor de R\$ 305,00 por linha para a instalação dos sensores. Este tipo de equipamento é compatível com algumas marcas de

plantadeiras disponíveis no mercado. Sendo assim, o valor total para instalação de um monitor de plantio é de R\$ 7.245,00, tomando por base uma plantadeira de 9 linhas.

Portanto, o quadro 10 demonstra o valor total para a aquisição de um kit de agricultura de precisão para instalação em equipamentos e/ou máquinas já existentes, considerando-se a utilização do sinal de satélite RTK:

Quadro 10: Valor de um kit de equipamentos para a agricultura de precisão

Equipamento	Valor (R\$)
Equipamento Sinal RTK	13.000,00
Piloto Automático	35.000,00
<i>Software Apex</i>	2.000,00
Kit Aplicação de Insumos a Taxa Variada	15.000,00
Monitor de Plantio para Plantadeira 9 Linhas	7.245,00
Total	72.245,00

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

De acordo com o quadro 10, estão incluídos num kit de agricultura de precisão o receptor, o monitor, o *software* (Apex) e o piloto automático. O equipamento de Sinal RTK custa R\$ 13.000,00, o piloto automático R\$ 35.000,00, o *Software Apex* R\$ 2.000,00, o kit aplicação de insumos a taxa variada R\$ 15.000,00 e o monitor de plantio para uma plantadeira de 9 linhas R\$ 7.245,00. Somados estes equipamentos que constituem o kit, o produtor deverá realizar um investimento total de R\$ 72.245,00 para a aquisição dos mesmos, lembrando que neste valor não estão incluídos os valores das máquinas que o produtor já deve possuir para instalar o kit, implantando desta maneira a agricultura de precisão em sua lavoura.

Além da opção da aquisição dos Kit de agricultura de precisão para a instalação em equipamentos que o produtor já possui, há também os equipamentos que já possuem os itens de série para a agricultura de precisão. O quadro 11 apresenta os valores destes equipamentos:

Quadro 11: Valores dos equipamentos com itens de série para a agricultura de precisão

Equipamento	Valor (R\$)
Colheitadeira Axial John Deere S 540	600.000,00
Trator John Deere 130 cv	200.000,00
Pulverizador Autopropelido John Deere	505.000,00
Plantadeira John Deere 1100 (9 Linhas Mecânica)	93.500,00
Total	1.398.500,00

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

Conforme o quadro 11, o valor da colheitadeira axial (sistema de trilha com rotor) John Deere S 540 é de R\$ 600.000,00. Já o pulverizador autopropelido John Deere possui um valor de R\$ 505.000,00. O trator John Deere de 130 cavalos-vapor (cvs) custa o equivalente a R\$ 200.000,00. E por fim, o valor de uma plantadeira John Deere de 9 linhas mecânica com monitor de plantio pode ser adquirida por R\$ 93.500,00. Com base nos valores apresentados acima, um produtor necessitará fazer um investimento de R\$ 1.398.500,00 para adquirir os equipamentos com itens de série para implantar a agricultura de precisão em sua lavoura.

A colheitadeira citada no quadro 11 possui inclusos os sensores de produtividade (fluxo de massa), umidade, velocidade, interruptor de colheita, além do monitor e coletor de dados. Os sensores de umidade e massa somente vem instalado nas máquinas da linha STS, atualmente não fabricada mais, e na linha de colheitadeiras Série S. Outra opção oferecida pela colheitadeira é a sua programação através de um monitor instalado dentro da cabine, onde o operador, ao iniciar a colheita, seleciona o tipo de cultura a ser colhida e a máquina faz os ajustes automáticos para esta planta. Também podem ser realizados ajustes do separador e das peneiras com a máquina em movimento, sem interromper a colheita, se o operador observar que está havendo perda de sementes, grãos partidos ou impureza junto ao tanque graneleiro.

O pulverizador autopropelido permite a programação da área de cobertura. Se um lado das barras exceder este limite, como por exemplo, uma parte da barra transpor uma estrada, estes bicos de pulverização que abrangerem a área que está fora da área de cobertura serão desligados automaticamente, sendo que os demais funcionarão normalmente, evitando assim desperdício de fertilizantes. Além disso, este equipamento apresenta o sistema de aplicação de defensivos à taxa variável

através de mapas previamente elaborados. Porém, não é comum a utilização dessa tecnologia na região em estudo por não haver um mapeamento preciso da infestação de pragas, doenças e ervas daninhas nas lavouras locais. Esta tecnologia encontra-se mais utilizada e difundida nos Estados Unidos.

Na plantadeira mecânica a distribuição das sementes e dos fertilizantes é realizada através do giro das engrenagens que se movimentam de acordo com a movimentação da mesma por meio de uma corrente. Esta versão não permite a aplicação variável das sementes e dos fertilizantes. Já o trator John Deere de 130 cv possui potência suficiente para rebocar uma plantadeira de 9 linhas.

Além destes equipamentos, o quadro 12 aponta outras opções que o mercado de plantadeiras oferece para o manejo da agricultura de precisão. Estas opções variam de acordo com as preferências e necessidades dos clientes.

Quadro 12: Valores das plantadeiras a vácuo

Equipamento	Valor (R\$)
Plantadeira John Deere 1100 (9 Linhas a Vácuo)	107.400,00
Plantadeira John Deere 2100 (13 linhas a Vácuo)	267.400,00

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

De acordo com o quadro 12, verifica-se que o valor de uma plantadeira John Deere série 1100 de 9 linhas a vácuo custa o equivalente a R\$ 107.400,00. A plantadeira série 2100 de 13 linhas, a menor deste segmento, é oferecida ao valor de R\$ 267.400,00.

A plantadeira John Deere série 1100 de 9 linhas com monitor de plantio não possui o sistema de aplicação variável de sementes e fertilizantes. Porém, seu sistema a vácuo a torna mais precisa na distribuição de sementes do que a plantadeira mecânica. Este sistema consiste numa turbina instalada na plantadeira tocada por um motor hidráulico interligado por intermédio de uma mangueira ao comando hidráulico do trator. Essa turbina cria um vácuo sugando a semente até esta chegar ao disco de distribuição, e, à medida que este disco gira, chegará a um ponto do reservatório onde termina o vácuo e a semente cairá para a linha onde posteriormente é depositada na terra. Cada caixa de semente possui sua própria saída e uma mangueira.

Já a plantadeira John Deere série 2100 de 13 linhas com monitor de plantio, que também possui o sistema de distribuição de sementes a vácuo, contempla a distribuição à taxa variável de sementes e fertilizantes. Além disso, possui o sistema *RowCommand*, que consiste no desligamento automático das seções de plantio no momento em que o GPS detecta que aquela região já foi plantada. Em outras palavras, a plantadeira está interligada a um monitor que fornece as informações da lavoura e de localização, e no momento em que uma linha de plantio transpuser uma área já plantada, esta será desligada automaticamente, evitando sobrepassadas e desperdícios de sementes e fertilizantes. Além disso, necessita a utilização do sistema RTK com piloto automático, pois este tipo de plantio é realizado mediante alto grau de precisão. Porém, este tipo de plantadeira não é indicada e comercializada na região em estudo por possuir uma distância maior entre o disco de corte e a linha, necessitando de áreas planas para o seu bom funcionamento.

A figura 21 demonstra uma área de milho plantada com alto grau de precisão:

Figura 21: Sistema *RowCommand* (a) e plantação de milho com precisão (b)



Fonte (a): John Deere (2015b).

Fonte (b): SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

A figura 21 (a) demonstra uma plantadeira equipada com o sistema *RowCommand* em operação. À medida que as linhas transpassarem uma área já plantada, a mesma é desativada automaticamente, proporcionando eficiência, uniformidade e precisão na execução da atividade. Neste caso, oito linhas foram desativadas proporcionalmente conforme foram ultrapassando a área plantada, evitando desperdício e duplicidade de aplicação de sementes e fertilizantes.

Já a figura 21 (b), apresenta uma lavoura de milho em que o plantio foi realizado com uma plantadeira com desligamento automático de linha. Verifica-se a

maximização da área, pois os resultados expressam um alto grau de precisão na realização desta etapa do processo produtivo.

Além destes equipamentos já apresentados, o mercado oferece o distribuidor de sólidos a taxa variável Dry Box, conforme destacado no quadro 13:

Quadro 13: Valor do distribuidor de sólidos Dry Box John Deere

Equipamento	Valor (R\$)
Distribuidor de Sólidos Dry Box John Deere	1.400.000,00

Fonte: Elaboração própria a partir de dados fornecidos pela SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. (2015).

Segundo o quadro 13, o valor do distribuidor de sólidos Dry Box fabricado pela empresa John Deere apresenta o valor de R\$ 1.400.000,00 para a sua aquisição. A SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda. destaca ainda que este equipamento possui a capacidade de distribuir dois sólidos simultaneamente a taxa variável. O seu custo é considerado elevado, pois trata-se de um equipamento importado, havendo a intenção de nacionalizar este produto, porém até o momento não há nada de concreto em relação à fabricação deste equipamento no Brasil.

A figura 22 apresenta o distribuidor de sólidos a taxa variável Dry Box:

Figura 22: Distribuidor de sólidos Dry Box



Fonte: John Deere (2015a).

Conforme apresentado na figura 22, o Dry Box é um distribuidor autopropelido para a distribuição de sólidos equipado com o sistema *Agricultural Management Solutions* ou Soluções em Gerenciamento Agrícola (AMS). Possui suspensão pneumática e independente e com estrutura dupla, oferecendo condições para a

operação em todas as condições de terreno. Possui duas opções distintas de caixa, o DN200 com capacidades de 5,6 m³ para fertilizante ou calcário e o DN300 com 8,5m³ para fertilizante. Ambas as configurações permitem aplicação de um ou dois sólidos, podendo operar a uma velocidade de até 40km/h (JOHN DEERE, 2015a).

4.2 PESQUISA EM PROPRIEDADE RURAL QUE UTILIZA AGRICULTURA DE PRECISÃO EM ÁREA IRRIGADA

Para a coleta dos dados de produtividade foi pesquisada uma área rural pertencente à empresa Sementes Aurora, situada no município de Cruz Alta, Rio Grande do Sul. Esta área foi analisada por atender aos objetivos deste trabalho que estão voltados para o uso das técnicas de agricultura de precisão no campo, além de possuir campos produtivos em área irrigada.

A área pesquisada constitui uma propriedade rural de grande porte, pois estas são caracterizadas por possuírem extensões de terras superiores a quinze módulos fiscais. Conforme o Sistema Nacional de Cadastro Rural, com índices básicos de 2013, na cidade de Cruz Alta cada módulo fiscal corresponde a 20 hectares (ha). Desta maneira, lavouras com áreas superiores a 300 hectares constituem grandes propriedades rurais (INCRA, 2015).

Para tanto, os dados da empresa Sementes Aurora foram fornecidos mediante entrevista respondida pelo Sr. M. D. B., responsável técnico da empresa e engenheiro agrônomo. Já os dados referentes à tabela de valores e especificações das análises de solo foram fornecidas pelo Sr. R. R. R., proprietário da empresa Agroprecision, pois estes serviços são terceirizados pela empresa Sementes Aurora a esta empresa especializada no ramo.

4.2.1 HISTÓRICO E LOCALIZAÇÃO DA PROPRIEDADE

A empresa Sementes Aurora é uma empresa de âmbito familiar, que está no ramo agrícola há mais de 37 anos, com 23 anos de plantio direto consolidado. Iniciou a produção de grãos no município de Cruz Alta, estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1977, e no ano de 1990 teve início sua Unidade de Beneficiamento

de Sementes (UBS). É formada por descendentes de imigrantes italianos que vislumbraram na agricultura uma oportunidade de desenvolver suas atividades e construir um futuro no segmento do Agronegócio.

A empresa nasceu da força e da coragem dos irmãos D. B., nascidos no interior de Ibirubá, mais precisamente na localidade de Sede Aurora. Na década de 1970, quando ainda eram jovens, migraram para Cruz Alta em busca de novas oportunidades para semearem em terras ainda não desbravadas pelo homem. Hoje, após mais de três décadas, os irmãos D. B. veem o seu sonho materializado em uma empresa sólida e em constante aperfeiçoamento tecnológico, voltada para a produção de sementes de alta qualidade.

A Empresa tem por objetivo atuar no ramo de produção e comercialização de sementes próprias de categoria superior de Soja, Trigo e Aveia Preta. Também atua na comercialização de sementes híbridas de Milho marca Dekalb, além de formar parcerias com as empresas CCGL Tec, Brasmax e Monsanto para os cultivares de soja e com as empresas Lima Grain, OR Sementes e Biotrigo para os cultivares de trigo.

A Sementes Aurora tem por objetivo a produção de sementes, onde 100% da sua produção é comercializada e destinada para este fim. A exceção é somente para a produção de feijão, que é vendida diretamente para outros centros de beneficiamento ou para aquelas sementes que não possuam um alto grau de qualidade considerado essencial para os produtos da empresa.

Além disso, a empresa é constituída por uma infraestrutura moderna, composta por equipamentos de última geração, voltados a atender as necessidades das mais diversas operações. Estas operações vão desde o plantio, tratos culturais, passando pela colheita das sementes, transporte e armazenagem em estrutura totalmente própria e em condições de conferir ao seu produto final características que o diferenciam no mercado regional.

A empresa conta com um Escritório Central situado na Rodovia Municipal Luciano Furian, 940, próximo ao trevo do Aeroclube, um dos principais acessos de Cruz Alta. Sua Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS) se localiza junto ao Escritório Central na cidade de Cruz Alta, com uma construção ampla e moderna, que foi pensada para facilitar o acesso e a logística de sementes.

Na localidade de Espinilho, próximo a BR 158, KM 218 sentido Cruz Alta - Santa Maria, a empresa possui a sede das suas fazendas, que foi a pioneira no processo de aquisição de terras, sendo que as outras foram adquiridas mais recentemente. Além disso, nesta propriedade encontra-se também a sua principal Unidade Armazenadora e seus campos para produção de sementes.

A empresa está sempre em busca do que há de mais moderno no mercado de sementes e tecnologia para oferecer produtos de alta qualidade. Neste sentido, terá condições de alavancar cada vez mais os seus negócios, atendendo um mercado consumidor cada vez mais exigente e atento às inovações tecnológicas.

Atuando no mercado de sementes de categoria superior, a Sementes Aurora possui um excelente mercado dentro do estado do Rio Grande do Sul. Além disso, comercializa seus produtos com os estados de Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo.

Outro fator considerado relevante para a empresa é o conceito de que a produção de sementes de qualidade anda junto com a agricultura de precisão. Não é possível produzir sementes de ponta sem a introdução da agricultura de precisão.

4.2.2 ÁREA ATUAL DA PROPRIEDADE

A empresa Sementes Aurora conta atualmente com uma extensão de 7.030 hectares, dentre os quais aproximadamente 50% são próprios e 50% arrendados. Esta área está dividida em 06 fazendas, onde 02 se localizam no município de Cruz Alta (próprias), 02 no município de Tupanciretã (01 própria e 01 arrendada) e 02 no município de Boa Vista do Cadeado (50 % de uma é própria e o restante arrendado). Porém, apesar de estarem em municípios diferentes, elas se localizam em um raio de aproximadamente 50 km uma em relação a outra, sendo que as fazendas em cada município possuem suas próprias máquinas para o plantio, aplicação de defensivos ou tratamentos e colheita, eliminando-se desta maneira os problemas de logística de máquinas e equipamentos.

Destaca-se também que 1.490 hectares são irrigados. Essa área irrigada está distribuída em 4 fazendas, nos municípios de Cruz Alta e Tupanciretã.

4.2.3 ANÁLISE DOS DADOS

A empresa Sementes Aurora, segundo o quadro 14, apresentou no período analisado, de 2005 a 2015, o seguinte quadro de funcionários, em comparação com a área cultivada e as unidades tecnológicas introduzidas ou vendidas em cada período:

Quadro 14: Funcionários, propriedade e unidades tecnológicas inseridas e vendidas na área rural da empresa Sementes Aurora (2005 a 2015)

Ano	Funcionários Contratados	Tamanho da Propriedade (hectares)	Unidades Tecnológicas Inseridas	Unidades Tecnológicas Vendidas
2005	38	4800	3	5
2006	38	4800	2	3
2007	36	5300	1	2
2008	36	5300	1	3
2009	35	5300	1	2
2010	35	5500	1	2
2011	34	5500	1	1
2012	33	6300	2	3
2013	33	6300	1	2
2014	31	7030	1	2
2015	30	7030	1	2

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Sementes Aurora (2015).

De acordo com os dados do quadro 14, percebe-se que houve uma diminuição significativa do número de funcionários da empresa em relação ao tamanho da propriedade no período compreendido entre 2005 e 2015. No ano de 2005 a empresa contava com 38 funcionários, havendo uma diminuição gradativa até o ano de 2015, somando-se neste último ano a quantia de 30 funcionários. Este quadro funcional refere-se às pessoas empregadas diretamente na lavoura, não incluindo os que estão envolvidos na unidade de beneficiamento de sementes.

Esta diminuição do número de funcionários de 2005 a 2015 representa uma queda percentual superior a 21% no quadro funcional da empresa. Porém, no mesmo período, verifica-se um aumento superior a 46% da área cultivada pela empresa, que passou de 4.800 hectares em 2005 para 7.030 hectares em 2015. Com isto, no ano de 2005 a relação era de 126,31 hectares por funcionário,

enquanto que no ano de 2015 essa relação foi o equivalente a 234,33 hectares por funcionário.

O fator considerado fundamental para a diminuição da quantidade de funcionários com aumento da capacidade da área produtiva em cada período foi, segundo a Sementes Aurora, o aumento da capacidade de produção das máquinas e a introdução de novas tecnologias. Verifica-se no quadro 14 que mesmo com o aumento da quantidade de hectares cultivados em cada período, houve redução expressiva no maquinário empregado, pois cabe salientar que estas unidades tecnológicas referem-se a tratores, colhedoras, semeadoras e pulverizadores autopropelidos. Pois, com exceção do ano de 2011, onde foi introduzida uma unidade tecnológica e vendida somente uma também, em todos os outros anos da análise, ou seja, de 2005 a 2015, as unidades tecnológicas inseridas foram menores do que as vendidas, somando um total de 15 unidades tecnológicas inseridas, enquanto que 27 foram vendidas, conforme apresentado no quadro em análise.

Para uma melhor compreensão dos efeitos causados pela introdução de máquinas mais modernas e com maior capacidade produtiva no campo, serão explanados a seguir alguns dados obtidos pela Sementes Aurora nos estágios de colheita e plantio de suas áreas. Estes dados referem-se aos anos de 2008 e 2013, períodos considerados fundamentais da renovação do parque de máquinas da empresa. Esta renovação do parque de máquinas ocorreu gradativamente, porém este período de 5 anos são os mais significativos na obtenção de resultados de redução de custos tanto de colheita como de plantio.

Sendo assim, o quadro 15 apresenta os dados coletados referentes à colheita dos anos de 2008 e 2013 efetuadas nas áreas cultivadas pela empresa:

Quadro 15: Dados de colheita da empresa Sementes Aurora (2008 e 2013)

Variável	2008	2013
Capacidade de Colheita (ha/dia)	200	200
Número de Máquinas	9	5
Consumo Combustível (litros/dia)	3.600	2.800
Consumo Combustível Individual (litros/hora)	-	56
Jornada de Trabalho (horas/dia)	10	10

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Sementes Aurora (2015).

Nota-se que, de acordo com o quadro 15, antes da introdução de máquinas mais modernas e com maior capacidade de colheita, a área 200 hectares/dia era colhida com 9 máquinas, que consumiam 3.600 litros de combustível por dia. No ano de 2013, essa mesma área é colhida por 05 máquinas, consumindo 2.800 litros de combustível por dia, o que representa uma redução de 22,22% nesta variável. Sendo assim, o consumo médio atual de cada máquina é de 56 litros/hora. Outro fator de redução de custos que pode ser mencionado é a diminuição do número de operadores necessários para a realização do serviço. Cada máquina possui a capacidade de colher a área de 40 a 50 hectares por dia, considerando-se uma jornada de trabalho de 10 horas diárias.

Em relação ao plantio, tanto para as sementes de verão quanto para as de inverno, considerar-se-á uma jornada de trabalho de 12 a 14 horas por dia. Cada trator possui a capacidade de plantar em média a área de 4,0 a 4,3 hectares por hora, porém convém lembrar que cada trator não trabalha em tempo integral em sua jornada de trabalho, pois há paradas para abastecimento das plantadeiras e outras eventualidades que possam surgir.

O quadro 16 apresenta os dados referentes à sementeira das culturas de verão plantadas pela Sementes Aurora em seus campos de produção nos anos de 2008 e 2013:

Quadro 16: Dados de sementeira de verão da empresa Sementes Aurora (2008 e 2013)

Variável	2008	2013
Capacidade de Plantio (ha/dia)	250	250
Número de Tratores	10	6
Consumo Combustível Total (litros/dia)	2.300	1.900
Consumo Combustível Individual (litros/hora)	-	27
Jornada de Trabalho (horas/dia)	12 a 14	12 a 14

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Sementes Aurora (2015).

De acordo com o quadro 16 para as sementeiras das culturas de verão nos anos de 2008 e 2013, percebe-se que o rendimento médio é de 250 hectares plantados por dia. Esta tarefa era realizada por 10 tratores, consumindo 2.300 litros de combustível por dia. Atualmente, com máquinas mais modernas e maior capacidade produtiva, o plantio desta área é realizado por 06 tratores, consumindo a quantia de 1.900 litros de combustível por dia, o que resultou em uma economia de

17,39% desta variável além da diminuição de quatro operadores. Atualmente, cada trator consome em média 27 litros de combustível por hora, exercendo uma jornada de trabalho de 12 a 14 horas diária.

Já para a semeadura dos cultivares de inverno dos anos de 2008 e 2013, a Sementes Aurora atingiu os resultados explanados no quadro 17:

Quadro 17: Dados de semeadura de inverno da empresa Sementes Aurora (2008 e 2013)

Variável	2008	2013
Capacidade de Plantio (ha/dia)	150	150
Número de Tratores	5	3
Consumo Combustível Total (litros/dia)	1.200	800
Consumo Combustível Individual (litros/hora)	-	24
Jornada de Trabalho (horas/dia)	12 a 14	12 a 14

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Sementes Aurora (2015).

Conforme o quadro 17 para as semeadoras das culturas de inverno dos anos de 2008 e 2013, o rendimento médio é de 150 hectares plantados por dia. Para realizar este plantio, eram necessários 05 tratores, consumindo em média 1.200 litros de combustível por dia. Na atualidade, com a introdução de máquinas mais modernas e com maior capacidade produtiva, o mesmo trabalho é realizado com 03 tratores, consumindo 800 litros de combustível por dia. Esta diminuição da necessidade de máquinas para realizar a plantação originou uma economia de 33,33% no gasto com combustíveis. Cada trator consome, na atualidade, em média 24 litros de combustível por hora e executa uma jornada de trabalho de 12 a 14 horas por dia.

Além dos funcionários atuantes diretamente nos campos produtivos, a empresa Sementes Aurora também disponibiliza alguns profissionais específicos, conforme apresentado no quadro 18:

Quadro 18: Profissionais da empresa Sementes Aurora (2009, 2014 e 2015)

Ano	Engenheiro Agrônomo
2009	1
2014	2
2015	4

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Sementes Aurora (2015).

Atualmente, de acordo com a quadro 18, a empresa conta em seu quadro funcional com 4 Engenheiros Agrônomos no ano de 2015. Porém, nos anos de 2009 e 2014, a quantidade desses profissionais disponíveis na empresa eram de 1 e 2 respectivamente.

Em relação à área cultivada, o quadro 19 demonstra o percentual da área destinada para cada cultura, tanto para cultivares de verão quanto para cultivares de inverno:

Quadro 19: Área de cultivo da empresa Sementes Aurora (%)

Cultura de Verão	Área de Cultivo (%)
SOJA	90%
MILHO	7%
FEIJÃO	3%
Culturas de Inverno	Área de Cultivo (%)
TRIGO	33%
AVEIA PRETA	33%
COBERTURA VERDE	33%

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Sementes Aurora (2015).

Percebe-se, conforme o quadro 19, que a soja representa 90% da área cultivada para as culturas de verão, enquanto o milho representa 7% e o feijão 3%. Nas culturas de inverno há uma divisão equivalente para as culturas de trigo, aveia preta e cobertura verde, sendo destinada 33% da área para cada cultivo.

De acordo com a Sementes Aurora, a cultura considerada economicamente mais importante é a da soja. Em segundo lugar destaca-se a produção de milho, seguida da produção de feijão que ocupa a terceira posição. A cultura de trigo é considerada a quarta cultura economicamente mais importante para a empresa, e em quinto lugar desta escala, apresentam-se as culturas de aveia e azevém.

Para a produção de 2014/2015 (cultivos de verão) foram cultivados, primeiramente, 6.520 hectares de soja, sendo 1020 em área irrigada, 510 hectares de milho, sendo 470 hectares em área irrigada e 202 hectares de feijão em área irrigada. O feijão normalmente é cultivado na mesma área em que foi colhido o milho. Para as culturas de inverno para o ano de 2015, serão cultivados 2.100 hectares de trigo, 2.500 hectares de aveia preta, 350 hectares de aveia branca e 2.080 hectares serão destinados para adubação verde.

O plantio de soja ocorre no período de 15 a 30 de outubro para as áreas que foram destinadas para cobertura verde. Já as áreas que possuem cultivos de inverno que serão comercializados para semente (trigo e aveia), a planta dos cultivares de soja ocorre no mês de novembro, visto que em virtude do período de maturação e colheita desses cultivos, o período de plantio é retardado um pouco.

Quanto à análise de solo, a Sementes Aurora em seu primeiro ano de amostragem optou por amostras com grid de 3 ha com 8 a 10 subamostras por hectare. A cada 2 anos se repetem as amostragens, porém, reduzindo-se o grid para 1ha e mantendo-se as 8 a 10 subamostras por hectare. Este processo iniciou-se com maior intensidade no ano de 2005.

As amostras são terceirizadas para a empresa Agroprecision de Cruz Alta, estado do Rio Grande do Sul, sendo que a mesma possui a seguinte tabela de valores, conforme demonstrado no quadro 20:

Quadro 20: Valores da amostra de solo

Variável	Valor por Hectare (R\$)
Grid 1	73,00
Grid 2	55,00
Grid 3	46,00
Mapa de Colheita	05,00

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Agroprecision (2015).

Conforme o quadro 20, a Agroprecision exerce os valores de R\$ 73,00 por hectare no Grid 1, de R\$ 55,00 por hectare no Grid 2 e de R\$ 46,00 por hectare no Grid 3. Estes valores incluem a coleta das amostras na lavoura, bem como a geração dos mapas de pontos de amostragem, fertilidade do solo e aplicação localizada de fertilizantes e corretivos. Quando os volumes de fertilizantes e corretivos a serem aplicados para a recuperação do solo forem elevados, bem como a propriedade possuir grandes extensões de terra, a Agroprecision dispõe de caminhões para a aplicação destes produtos a taxa variada.

Além disso, a empresa disponibiliza o serviço de confecção de mapas de produtividade, onde o produtor repassa os dados obtidos na lavoura e a Agroprecision elabora o mapa. Este possui um custo de R\$ 5,00 por hectare.

No Grid 1, de acordo com a Agroprecision, é realizada uma análise de solo por hectare, com coleta de 10 a 12 subamostras nesta área. No Grid 2 será

realizada uma análise de solo a cada 02 hectares, porém serão coletadas de 10 a 12 subamostras em cada hectare, totalizando 20 a 24 subamostras. Já no Grid 3 será realizada uma análise de solo a cada 03 hectares, com coletas de 10 a 12 subamostras por hectare, o que resulta de 30 a 36 subamostras nesta área. Uma amostra corresponde a uma análise de solo.

A coleta das amostras geralmente é feita com perfurações de 0,15 metros de profundidade no sistema sequeiro e 0,20 metros no sistema irrigado. Porém, estas medidas podem variar de acordo com o tipo de solo, sendo este mais argiloso ou mais arenoso, bem como o número de subamostras podem variar de acordo com a necessidade de cada cliente. Todavia, se numa área forem feitas 10 subamostras num hectare, por exemplo, em todos os hectares devem ser coletadas 10 subamostras, não havendo variações numa mesma área.

A figura 23 expõe o quadriciclo utilizado pela empresa Agroprecision para a coleta do solo para fins de análise:

Figura 23: Coleta de solo



Fonte: Agroprecision (2015).

A figura 23 explana como são realizadas as coletas de solo pela empresa Agroprecision. É utilizado um quadriciclo, que possui regulador de profundidade, proporcionando que todas as subamostras sejam coletadas da mesma forma e profundidade, além de oferecer maior segurança ao operador.

A figura 24 exhibe o sistema de amostragem de solo utilizado pela empresa:

Figura 24: Sistemas de amostragem de solo

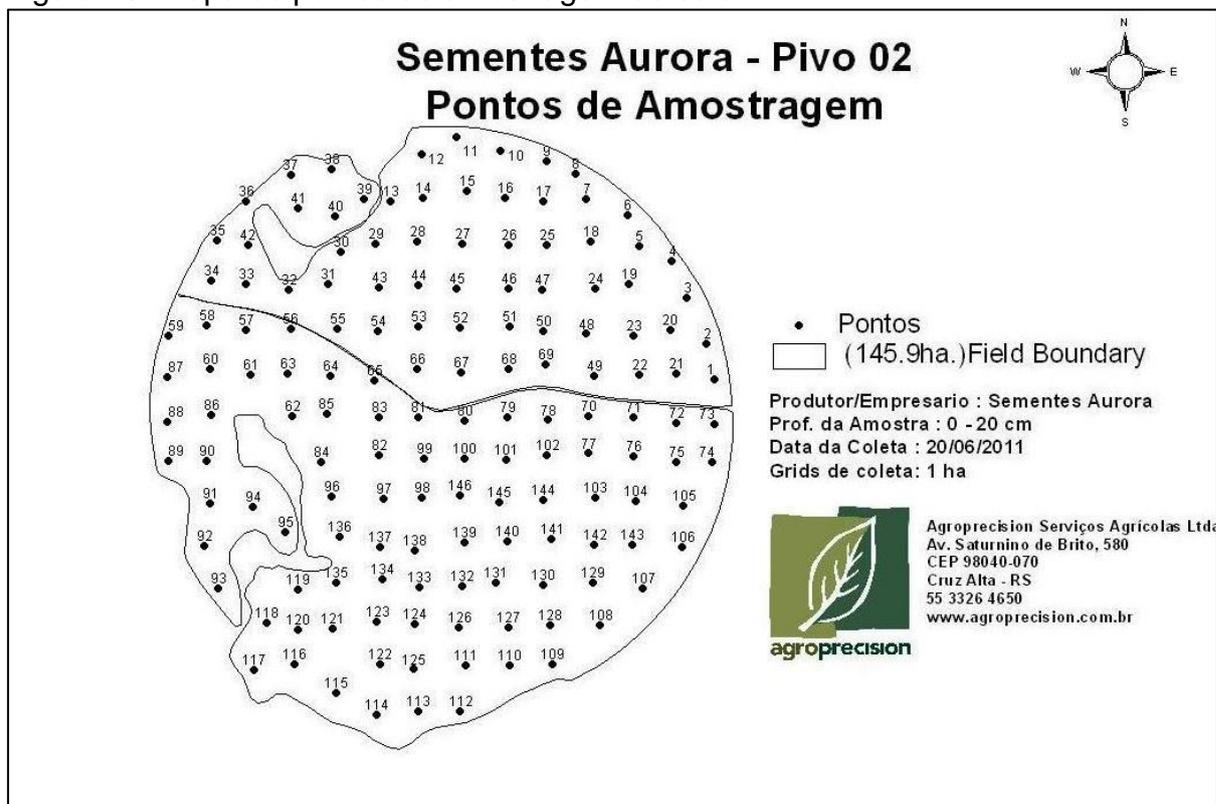


Fonte: Agroprecision (2015).

De acordo com a figura 24, o sistema de amostragem de solo possui um tucho interno desenvolvido para evitar a perda do solo e foi desenvolvido especialmente para não puxar palha. O sistema chega pressionado ao solo, evitando a perda da primeira camada, e o sistema de “seringa”, com a broca justa ao tucho de nylon, evita a perda do solo.

Na figura 25, pode-se verificar um mapa de pontos de amostragem de solo:

Figura 25: Mapa de pontos de amostragem de solo



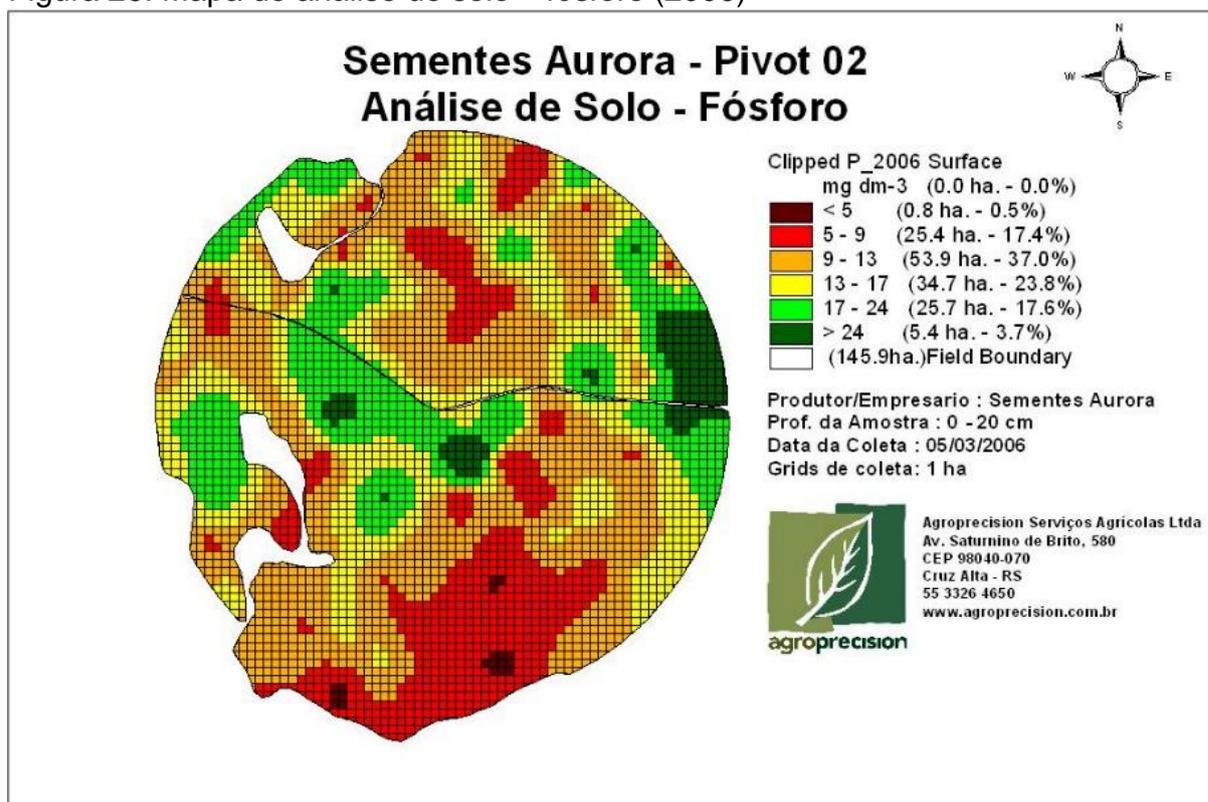
Fonte: Agroprecision (2015).

A figura 25 apresenta um mapa de pontos de amostragem de solo realizado na área de cobertura do pivô de irrigação 02 da Sementes Aurora. Este mapa foi confeccionado no ano de 2011 e abrange uma área de 145,9 hectares. Para a coleta do solo foram estipulados grids de 01 hectare com 10 subamostras por ponto amostral. Também serviu de auxílio a utilização do GPS e um programa para criar a malha amostral.

Após coletadas as amostras na propriedade e realizadas as análises de solo, são gerados os mapas de fertilidade. Esses mapas demonstram as condições do solo oferecidas num determinado momento, como o teor de potássio, magnésio, fósforo, pH, matéria orgânica, cálcio, argila, entre outros.

A seguir, a figura 26 apresenta um mapa de disponibilidade do teor de fósforo:

Figura 26: Mapa de análise de solo – fósforo (2006)



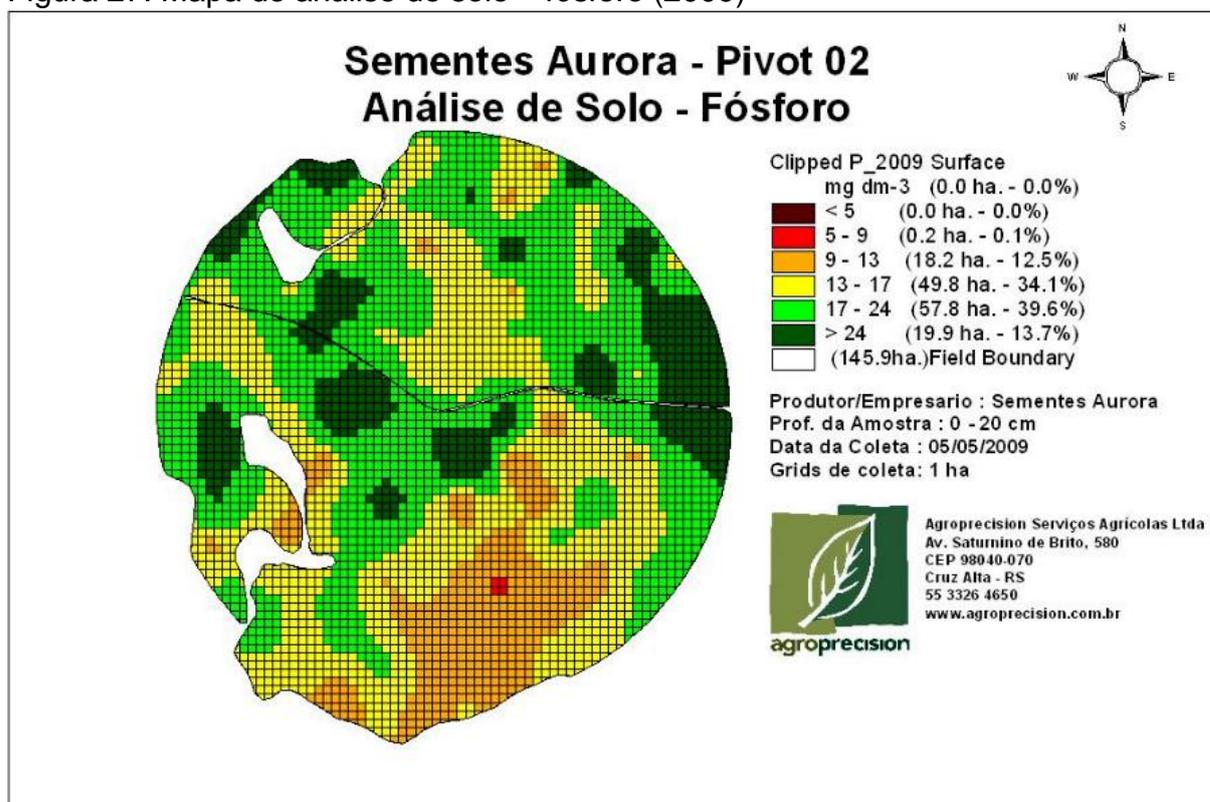
Fonte: Agroprecision (2015).

A figura 26 demonstra as faixas de concentração ou disponibilidade do teor de fósforo na área de cobertura do pivô de irrigação 02 da lavoura pertencente à empresa Sementes Aurora. Essa análise refere-se ao ano de 2006 e coletas feitas em grids de 01 ha. Percebe-se que a área analisada possui 145,9 ha e os níveis de

concentração do produto são menores que 05 mg/dm³ (miligramas por decímetro cúbico) para 0,8 ha, de 05 a 09 mg/dm³ para 25,4 ha, de 09 a 13 mg/dm³ para 53,9 ha, de 13 a 17 mg/dm³ para 34,7 ha, de 17 a 24 mg/dm³ para 25,7 ha e acima de 24 mg/dm³ em 5,4 ha.

No ano de 2009, foi realizada nova análise deste componente na mesma área. A figura 27 explana os resultados obtidos:

Figura 27: Mapa de análise de solo – fósforo (2009)



Fonte: Agroprecision (2015).

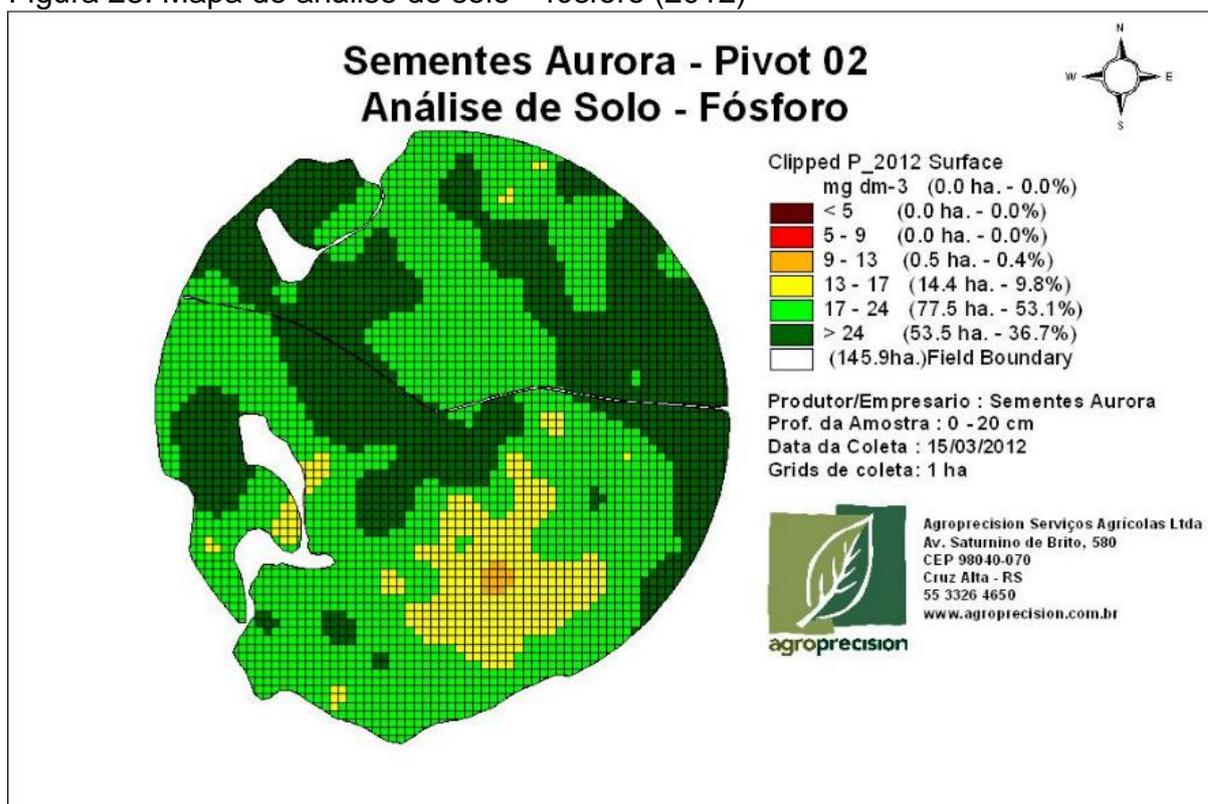
A figura 27 retrata que os índices de concentração do teor de fósforo obtidos no ano de 2009, melhoraram em relação aos índices obtidos no ano de 2006. Verifica-se que os métodos de amostragem foram os mesmos e os resultados indicaram teores menores que 05 mg/dm³ em 0,0 ha, de 05 a 09 mg/dm³ em 0,2 ha,

¹ Todos os elementos químicos determinados nas análises de solo são expressos na forma de densidade, ou seja, a relação da massa por um determinado volume. Assim, o fósforo é dimensionado em gramas ou miligramas por decímetro cúbico (mg/dm³). Para qualquer elemento, independente da forma de expressão, sempre teremos uma densidade, ou seja, massa/volume. Quanto mais se aprofunda a amostra, menor será o teor do elemento. Por exemplo, se na coleta de 0-10 cm o resultado for de 20 mg/dm³ de fósforo, e de 10-20 cm 5 mg/dm³, isto significaria que a concentração seria de 20 kg de fósforo por hectare de 0-10 cm e de 5 kg de 10-20 cm (FIORETTO, 2013).

de 09 a 13 mg/dm³ em 18,2 ha, de 13 a 17 mg/dm³ em 49,8 ha, de 17 a 24 mg/dm³ em 57,8 ha e acima de 24 mg/dm³ em 19,9 ha.

Uma nova amostragem foi coletada no ano de 2012, onde os resultados alcançados estão de acordo com a figura 28:

Figura 28: Mapa de análise de solo – fósforo (2012)



Fonte: Agroprecision (2015).

Constatam-se na figura 28, novas melhoras nos índices de concentração do teor de fósforo na área em análise no ano de 2012. Considerando-se os mesmos métodos de amostragem, os resultados apontam que índices menores que 09 mg/dm³ não foram encontrados. Teores de 09 a 13 mg/dm³ foram percebidos em 0,5 ha, de 13 a 17 mg/dm³ em 14,4 ha, de 17 a 24 mg/dm³ em 77,5 ha e acima de 24 mg/dm³ em 53,5 ha.

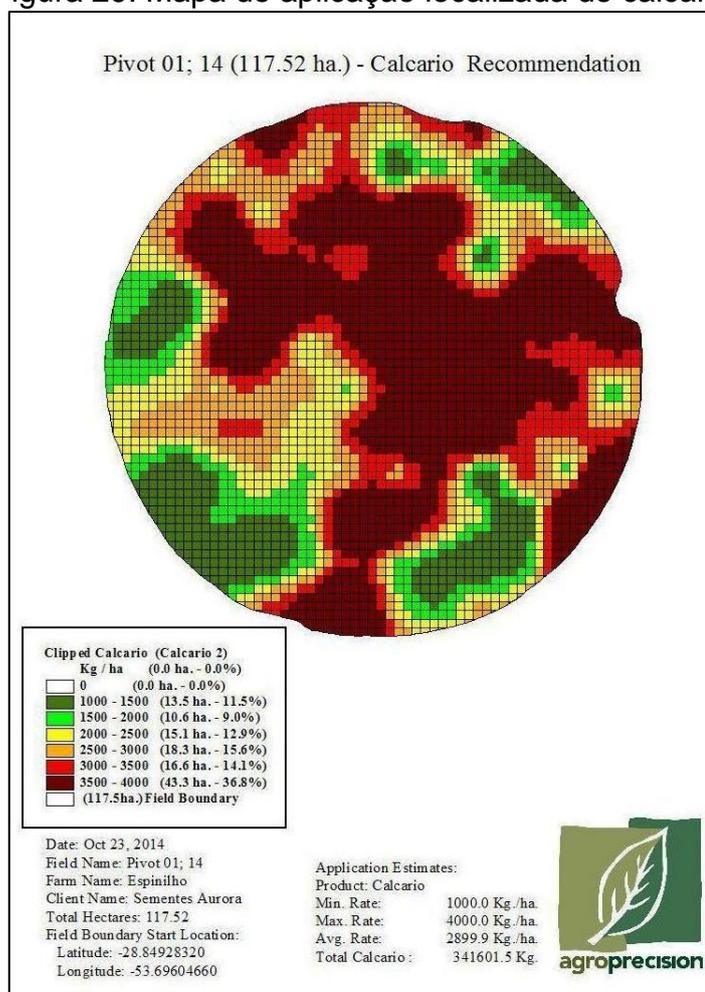
Averiguou-se, portanto, que os teores de concentração de fósforo na área analisada elevaram-se consideravelmente no período compreendido entre 2006 e 2012. No primeiro ano da análise, os teores abaixo de 09 mg/dm³ representavam 25,4 ha, ou seja, 17,4% da área analisada. Já no ano de 2012 não se registrou nenhuma área com índices abaixo de 09. Índices acima de 24 mg/dm³ estavam

presentes apenas em 5,4 ha no ano de 2006, ou seja, em 3,7% da área. Este índice passou a estar presente em 53,5 ha no ano de 2012, correspondendo a 36,7% da área.

Com base em dados de fertilidade de solo, são gerados os mapas de aplicação localizada a taxa variável de fertilizantes e/ou corretivos, conforme a variável analisada. É utilizada uma tabela de conversão dos dados obtendo-se em seguida a quantia exata de produto a ser aplicada em cada parcela da lavoura, de acordo com os níveis desejados e/ou recomendados para a correção do solo.

A figura 29 apresenta um mapa para a aplicação de calcário à taxa variável, conforme as necessidades de cada parcela da lavoura:

Figura 29: Mapa de aplicação localizada de calcário



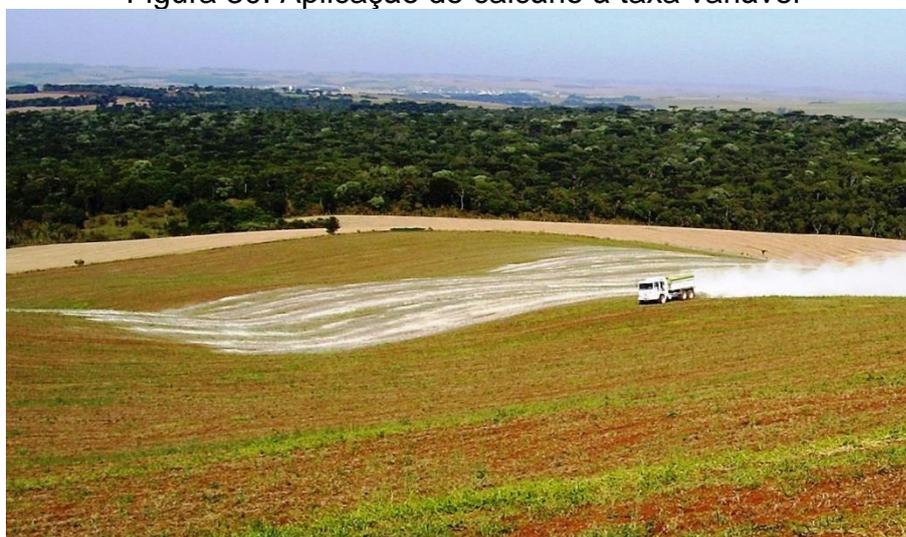
Fonte: Sementes Aurora (2015).

Conforme a figura 29, verifica-se a carência de calcário de uma área de cobertura do pivô de irrigação 01, com 117,52 hectares, de propriedade da empresa

Sementes Aurora. Percebe-se que a aplicação do corretivo deve ser realizada com volumes que variam de 1.000 a 4.000 quilogramas (kg)/ha. A menor quantidade, de 1.000 a 1.500 kg, deverá ser aplicada em 13,5 ha, ou seja, 11,5% da área, enquanto que a maior quantidade, de 3.500 a 4.000 kg, deverá ser aplicado em 43,3 ha, ou seja, em 36,8% da área. De 1.500 a 2.000 kg/ha deverá ser aplicado em 10,6 ha (9,0% da área), de 2.000 a 2.500 kg/ha em 15,1 ha (12,9% da área), de 2.500 a 3.000 kg/ha em 18,3 ha (15,6% da área) e de 3.000 a 3.500 kg/ha em 16,6 ha (14,1%).

Já a figura 30 apresenta a aplicação de corretivos para o solo à taxa variável:

Figura 30: Aplicação de calcário à taxa variável



Fonte: Agroprecision (2015).

A figura 30 apresenta a aplicação de calcário à taxa variável. A distribuição do corretivo ocorre de acordo com as necessidades de cada parte da área, sendo o produto disponibilizado em quantidades diferentes em cada parcela, e onde não houver insuficiência, o equipamento desativará automaticamente a sua distribuição. Desta maneira, o produtor estará maximizando o uso do corretivo, bem como suprindo as carências e evitando excessos de concentração do produto na lavoura.

Um estudo disponibilizado pela empresa Agroprecision, explanado no quadro 21, demonstra a diferença de produtividade atingida em uma área rural localizada no município de Jóia, estado do Rio Grande do Sul. Esta área foi dividida em duas partes, sendo que na primeira parte a aplicação de fertilizantes e corretivos ocorreu

de forma variável, enquanto que na segunda esta aplicação ocorreu uniformemente em toda área:

Quadro 21: Diferença de produtividade em uma área com aplicação de fertilizantes de forma variável (2012 a 2015)

Período	Cultura	Diferença de Produtividade: Aplicação Variável x Aplicação Convencional (Sacos/ha)	Valor Unitário (R\$/ha)	Valor Total (R\$/ha)
Safra 2012/2013	Soja	4,0	58,00	232,00
Safra 2013/2014	Milho	28,0	24,00	672,00
Safra 2014	Trigo	2,0	25,00	50,00
Safra 2014/2015	Soja	5,1	60,00	306,00
Subtotal				1.260,00
Investimento em AP				459,10
Total				800,90

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Agroprecision (2015).

Conforme o quadro 21, a utilização das técnicas de agricultura de precisão proporcionaram aumentos de produtividade em relação à agricultura convencional. Com a aplicação localizada de fertilizantes, a safra de 2012/2013 de soja ocasionou um ganho de 4,0 sacos/ha, resultando em um ganho de R\$ 232,00. Já a safra de 2013/2014 de milho registrou um aumento produtivo de 28,0 sacos/ha, o que propiciou um ganho de R\$ 672,00. Na safra de 2014 de trigo, acrescentou um ganho de 2,0 sacos/ha, originando um ganho de R\$ 50,00. A safra de 2014/2015 de soja agregou um aumento produtivo de 5,1 sacos/ha, acarretando em um ganho de R\$ 306,00.

Neste sentido, percebe-se que o retorno do investimento foi de R\$ 1.260,00, porém, o investimento na agricultura de precisão foi de R\$ 459,10 a mais do que na agricultura convencional. Com isso, o resultado ocasionou um ganho de R\$ 800,90 por hectare num período de três anos, ou seja, um ganho de R\$ 266,96 por hectare por ano.

A empresa Sementes Aurora utiliza várias técnicas e equipamentos de agricultura de precisão. São utilizadas na propriedade as análises de solo com geração de mapas de fertilidade, mapas de colheita e intervenções com taxa variável a lanço e manejo operacional durante o desenvolvimento das culturas com sistema RTK.

Atualmente, a Sementes Aurora possui uma base móvel para a Antena RTK, deslocando a mesma sempre que a área estiver fora do alcance do sinal. Porém, ao transferir a antena para outro local, a área anteriormente mapeada fica armazenada e salva para futuras utilizações, sendo possível realizar o deslocamento dos equipamentos agrícolas no mesmo trajeto da lavoura anteriormente utilizado.

Futuramente, a empresa planeja montar uma base fixa para a Antena RTK na fazenda sede (Estância do Espinilho), já que é considerado um ponto estratégico (por se localizar em um ponto geográfico considerado alto) e instalar repetidores de sinal nas demais fazendas. Desta maneira tornará o seu processo produtivo mais ágil, abrangendo todas as suas áreas cultivadas e não haverá a necessidade de deslocar a base móvel todas as vezes que irá realizar uma atividade agrícola fora do alcance do sinal.

A introdução das técnicas de agricultura de precisão surgiu, conforme a Sementes Aurora, com o objetivo de reduzir o uso de insumos, corretivos e fertilizantes. Desta forma, a empresa consegue ser mais eficiente e elevar os números de sua produção. A estimativa da empresa é a redução de 2% a 3% no custo com fertilizantes e sementes.

Em relação à produtividade das lavouras da empresa Sementes Aurora, o ano de 2005 pode ser considerado como a produção sem agricultura de precisão, porém, neste ano começaram a ser feitas as primeiras amostragens de correção de solo. No ano de 2007, a produtividade começou a apresentar as primeiras evoluções decorrentes da recuperação localizada do solo, sendo considerado início da produtividade mediante a incorporação das técnicas de agricultura de precisão.

Segundo a empresa Sementes Aurora, os mapas de produtividade são gerados a cada dois anos e a agricultura de precisão começou a ser inserida fortemente na propriedade no ano de 2007, sendo o primeiro mapa gerado no ano de 2009. Sendo assim, a propriedade possui à disposição os mapas gerados nos anos de 2009, 2011, 2013 e 2015, que são considerados anos que servem de referência para análises e tomadas de decisões.

O motivo de gerar estes mapas a cada dois anos se deve ao fato ou entendimento de que os insumos, como calcário por exemplo, levam este período para fazerem o efeito esperado em termos de recuperação do solo e consequente

aumento da produtividade. A correção do solo é um dos fatores que contribuíram para o aumento da produtividade em cada período.

A técnica de irrigação é considerada essencial para termos de análise do potencial de produtividade de uma lavoura, pois assim, as análises tornam-se mais precisas, amenizando a interferência do clima na variação da produtividade entre um período e outro. Considerando-se que o objetivo do trabalho é analisar a variação da produtividade média em cada período proporcionado pela introdução e uso das técnicas da Agricultura de Precisão, foi analisada a série histórica da produção com foco nas áreas irrigadas, minimizando-se desta maneira o impacto causado por possíveis estiagens ocorridas neste período.

No ano de 2003 foi adquirido o primeiro pivô de irrigação, sendo adotado o sistema de irrigação por pivô central. Sua instalação ocorreu no período da estação de inverno do ano de 2004, sendo que as produções do período 2004/2005, foram as primeiras a serem produzidas em área irrigada.

A figura 31 apresenta o sistema de irrigação por pivô central utilizado nas propriedades da empresa Sementes Aurora:

Figura 31: Sistema de irrigação por pivô central em uma área de milho



Fonte: Maurício De Bortoli (2015).

A figura 31 explica o sistema de irrigação por pivô central utilizado pela empresa Sementes Aurora em uma área cultivada com milho. Seu funcionamento é mediante a utilização de um motor movido por energia elétrica e o tempo de vazão de água é controlado conforme as necessidades da planta.

Atualmente, conforme citado anteriormente, 1.490 hectares da propriedade pertencentes à empresa Sementes Aurora estão contemplados com a técnica da

irrigação. Porém, há um projeto para ampliar esta área para 2.500 hectares até o ano de 2018, sendo a escassez de energia elétrica o principal fator limitante para a sua implantação imediata.

Porém, convém mencionar que a empresa não considera a irrigação como uma técnica de agricultura de precisão, mas que as duas devem ser introduzidas uniformemente. Apesar disso, o Sr. M. D. B. ressalta que existe a irrigação por precisão, que consiste em aplicar a quantia exata de água necessária em pontos específicos da área. Na propriedade estudada, a aplicação de água é feita de modo uniforme, porém, com controle de tempo de vazão em cada área conforme sua necessidade.

O quadro 22 apresenta a produtividade média registrada pela empresa Sementes Aurora em suas áreas de cultivo no período de 2005 a 2015:

Quadro 22: Produtividade média anual na propriedade rural da empresa Sementes Aurora (2005 a 2015)

Cultura	Soja Irrigada		Milho Irrigado	
Ano	Produtividade (Sacos/ha)	Semente Transgênica	Produtividade (Sacos/ha)	Semente Transgênica
2005	48,4	RR*	151,3	Convencional
2007	53,2	RR*	168,2	Convencional
2009	56,8	RR*	186,4	YG*
2011	64,5	RR*	194,5	PRO*
2013	72,0	RR*	202,3	PRO 2*
2015	72,3	RR*	204,8	PRO 2*
Cultura	Feijão Irrigado		Trigo	
Ano	Produtividade (Sacos/ha)	Semente Transgênica	Produtividade (Sacos/ha)	Semente Transgênica
2005	29,6	Convencional	43,2	Convencional
2007	31,4	Convencional	48,5	Convencional
2009	33,1	Convencional	55,2	Convencional
2011	42,3	Convencional	62,4	Convencional
2013	35,7	Convencional	69,3	Convencional
2015	34,3	Convencional	42,4	Convencional

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Sementes Aurora.

* Sementes transgênicas.

A produtividade média para a área de soja irrigada no ano de 2005, conforme o quadro 22, foi de 48,4 sacos/ha. Já no ano de 2007 a produtividade média passou

para 53,2 sacos/ha, o que resultou num aumento de 4,8 sacos/ha. No ano de 2009 houve novo aumento na produtividade média, passando para 56,8 sacos/ha. Para o ano de 2011, a empresa registrou índices de 64,5 sacos/ha, havendo desta maneira um aumento de 7,7 sacos por hectare. Em 2013 houve aumento de 7,5 sacos/ha, sendo o aumento da produtividade média semelhante ao registrado no período anterior, alcançando desta maneira a quantia de 72,0 sacos por hectare.

No ano de 2015 foram cultivadas 17 cultivares de soja, sendo que sua produtividade variou de 69 a 75 sacas por hectare, ocasionando uma média geral de 72,3 sacas por hectare. Nesse sentido, observou-se um aumento de produtividade média por hectare de 23,9 sacos no período compreendido de 2005 a 2015, o que representa um ganho superior a 49% na produtividade média da lavoura.

Somente para termos comparativos, a soja no sistema sequeiro variou a produtividade de 42 a 68 sacos/ha, o que proporcionou uma média geral de 56 sacos/ha. Porém vale lembrar que para a safra de 2014/2015 houve períodos significativos de precipitações pluviométricas, e a safra no sistema irrigado superou em 16,3 sacos/ha a média da safra no sistema sequeiro, o que representa um ganho superior a 29% na produtividade.

Considerando-se a evolução da produtividade média atingida até o momento atual, existe a expectativa por parte da empresa que essa tendência continue, alcançando-se uma média geral de 80 sacas de soja por hectare no sistema irrigado. Para que esta meta seja alcançável, torna-se imprescindível conciliar eficientemente três fatores: fertilidade do solo, genética de sementes e controle eficaz de pragas e doenças.

Para os cultivares de milho no sistema irrigado, segundo o quadro 22, a produtividade média em 2005 foi de 151,3 sacos por hectare. No período seguinte, no ano de 2007 a produtividade média atingiu a marca de 168,2 sacos/ha, sendo registrado um aumento de 16,9 sacos/ha. Na safra de 2009 foram contabilizados 186,4 sacos/ha, somando um aumento de 18,2 sacos/ha em relação ao período anterior. Já no ano de 2011, a produtividade média atingiu o patamar de 194,5 sacos/ha, o que significou um aumento de 8,1 sacos/ha em relação a 2009. O ano de 2013 assinalou novo aumento produtivo média alcançando a marca de 202,3 sacos/ha apontando assim um aumento de 7,8 sacos por hectare em relação a 2011. Por fim, o ano de 2015 demonstrou um pequeno aumento de 2,5 sacos/ha,

chegando à produtividade média de 204,8 sacos/ha. Percebe-se nesta análise que todos os períodos registraram aumentos de produtividade, sendo que este aumento chegou ao patamar superior a 35% no período de 2005 a 2015.

A empresa acredita que há potencial para atingir a marca de 240 sacos de milho por hectare. Como na cultura de soja, no milho também é preciso conciliar os fatores de fertilidade do solo, genética de sementes e controle eficaz de pragas e doenças. Porém, essa cultura necessita aliar outros dois fatores que são essenciais para que a produção atinja o seu potencial máximo, sendo necessário em primeiro lugar que o clima seja favorável, pois, somente a irrigação não contempla todas as necessidades da planta e chuvas em volumes consideráveis são imprescindíveis. O segundo fator refere-se à luminosidade, já que esta planta depende dela para o seu bom desenvolvimento.

Para a cultura do feijão, conforme o quadro 22, a produtividade média atingida foi de 29,6 sacos/ha no ano de 2005. No ano de 2007 a produtividade foi de 31,4 sacos/ha, aumentando a média em 1,8 sacos/ha. Para a safra de 2009 foram contabilizados novos aumentos produtivos, na proporção de 1,7 sacos/ha, totalizando a quantia de 33,1 sacos/ha. O ano de 2011 registrou a maior produtividade do período analisado, atingindo a média de 42,3 sacos/ha, o que acarretou um ganho de 9,2 sacos/ha em relação ao período anterior. A produtividade de 2013 apresentou uma queda da produção média da lavoura equivalente a 6,6 sacos/ha, apresentando desta maneira a quantia de 35,7 sacos/ha produzidos. Em 2015, nova baixa de produtividade média foi registrada, atingindo a marca de 34,3 sacos/ha.

Constata-se que a produtividade média de feijão apresentou oscilações no período compreendido entre 2005 e 2015. Essas variações de produtividade, segundo a Sementes Aurora, devem-se ao fato da cultura do feijão ser muito instável, sendo mais dependente ao clima do que a incorporação de tecnologias. Outro fator que pode ocasionar sérios problemas são as elevadas temperaturas na época de floração da cultura, pois estas podem acarretar num grande abortamento floral, diminuindo a produtividade.

Para a cultura do feijão são destinados de 200 a 300 hectares por ano em área irrigada. Porém, esta área depende muito daquela destinada para o cultivo de milho, variando de ano para ano. Pode ser plantado em outubro, que é considerado

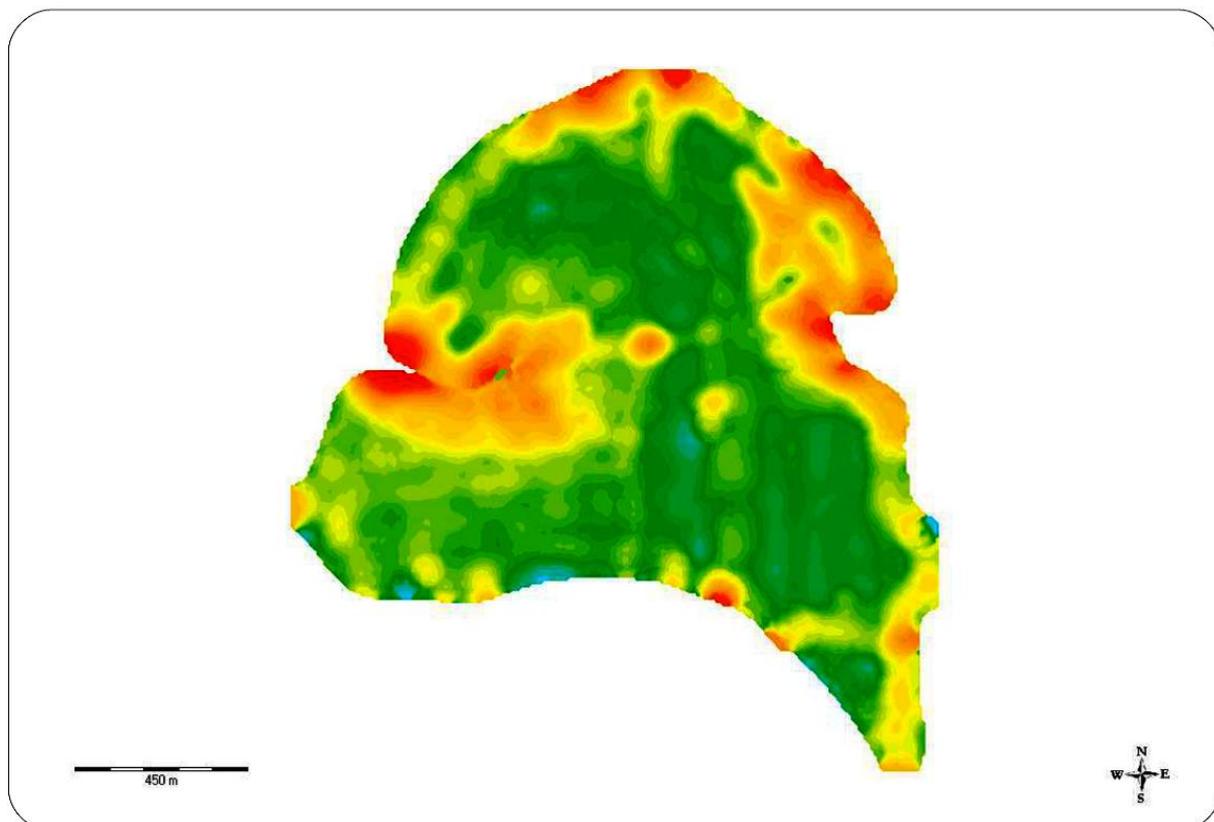
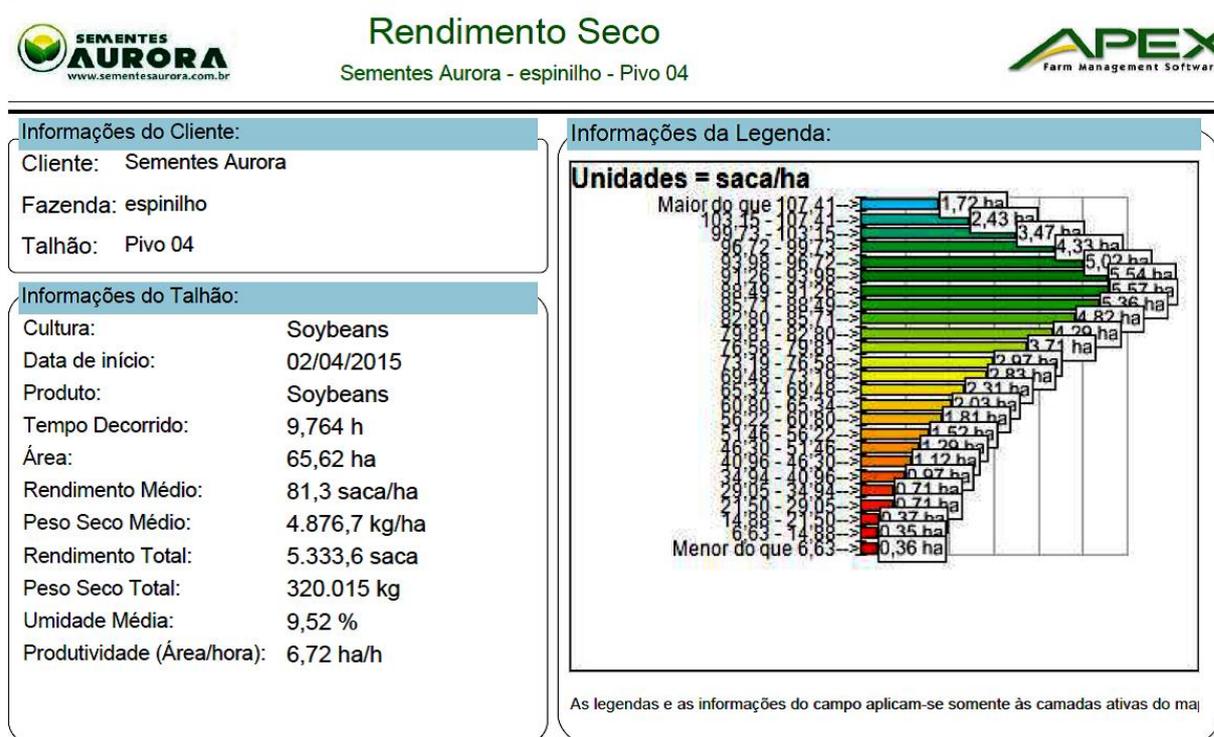
o feijão da seca ou em janeiro que é considerado o feijão das águas, sendo este último o período geralmente utilizado pela propriedade para o cultivo dessa planta. O seu ciclo de desenvolvimento gira em torno de 100 dias, e se plantado no mês de janeiro pode ser colhido no mês de maio. O potencial produtivo deste cultivar estimado pode atingir a marca de 50 sacos/hectare, segundo a Sementes Aurora.

Para a cultura de trigo no sistema sequeiro, de acordo com o quadro 22, a produtividade média foi de 43,2 sacos/ha para o ano de 2005, 48,5 sacos/ha em 2007, 55,2 sacos/ha em 2009, 62,4 sacos/ha em 2011, 69,3 sacos/ha em 2013 e 42,4 sacos/ha em 2015. Nota-se que entre o período de 2005 e 2013 houve um aumento na produtividade média de 26,1 sacos/ha, ou seja, um aumento superior a 60%. Já o ano de 2015, registrou queda considerável na produtividade média, atingindo patamares semelhantes ao ano inicial da análise, sendo que os dois fatores motivaram essa queda. O primeiro foi o clima que apresentou precipitações pluviométricas acima do normal para este tipo de cultivo. O segundo fator que prejudicou o desenvolvimento da planta foram as doenças, principalmente a giberela, também conhecida por fusariose, que ocasionou uma acentuada queda de produtividade neste período.

Para o plantio das sementes de aveia são utilizadas sementes convencionais, não se fazendo uso de sementes transgênicas. A produtividade média da semente de aveia preta gira em torno de 1.200 a 1.300 kg por hectare.

A variabilidade da produtividade de cada área pode ser expressa através dos mapas de produtividade. A figura 32 apresenta um mapa de produtividade de soja:

Figura 32: Mapa de produtividade de soja (2015)



Fonte: Sementes Aurora (2015).

A figura 32 apresenta um mapa de produtividade de soja do pivô de irrigação 04 de propriedade da empresa Sementes Aurora. Verifica-se neste mapa que a

produtividade média foi de 81,3 sacos/ha em uma área de 65,62 hectares, totalizando a produção de 5.333,6 sacos.

Apesar do elevado nível da produtividade média, percebe-se que a lavoura apresentou uma grande variabilidade na produção. Enquanto que 1,72 ha atingiram uma marca superior a 107,41 sacos/ha, 0,36 ha registraram uma produção inferior a 6,63 sacos/ha. A maior parcela da área retratada no mapa foi de 5,57 ha, onde a produtividade média se manteve entre 88,49 e 91,26 sacos/ha. As demais variabilidades podem ser visualizadas no mapa, pois este talhão apresentou vinte e cinco faixas de produtividades diferentes.

Outro fator considerado importante para manter os índices de produtividade é a rotação de culturas, que consiste em alternar anualmente as culturas cultivadas em cada área. Neste sentido, o pilar do projeto da empresa Sementes Aurora fundamenta-se em intercalar a área plantada a cada ano. Na cultura de inverno, o trigo que representa aproximadamente 33% da lavoura, é cultivado a cada ano em uma parcela diferente do campo até fechar o ciclo em toda a área. Igualmente, na cultura de verão, o milho é alternado em parcelas diferentes a cada ano nas áreas irrigadas.

A empresa considera que a rotação de culturas ocasiona diversas vantagens. Dentre as principais destacam-se o aumento da produtividade, a redução de pragas e doenças e a redução da infestação de ervas daninhas.

Com relação à receita da Sementes Aurora obtida mediante a produtividade em suas áreas de cultivo, o quadro 23 destaca como é realizada a distribuição da mesma:

Quadro 23: Distribuição da receita da propriedade rural da empresa Sementes Aurora

Variável	Distribuição da Receita
Insumos	50%
Manutenção	10%
Novas Tecnologias	20%
Lucro ou Receita Líquida	20%
Total	100%

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Sementes Aurora (2015).

Segundo o quadro 23, a média percentual da produção destinada para cobrir os custos dos fatores de produção (sementes, insumos, defensivos, herbicidas,

tratamentos, entre outros) corresponde a 50% da produção. A média percentual da produção destinada para cobrir os custos de manutenção dos equipamentos corresponde a 10% da produção. Para o investimento de aquisição de novas tecnologias ou equipamentos são destinados 20% da produção. Contabilizados os custos, a empresa obtém um lucro ou receita líquida de 20%.

De acordo com a empresa, a introdução das tecnologias de agricultura de precisão facilitou a conversão dos dados, facilitando a tomada de decisão sobre resultados obtidos e possibilitando a projeção dos novos resultados. Também considera que os investimentos necessários para a introdução dessa tecnologia estão na ordem de R\$ 300.000,00.

Em relação ao uso de sementes transgênicas, a Sementes Aurora considera que estas contribuem para ganhos de produtividade. O quadro 24 explana os ganhos atingidos com estas sementes:

Quadro 24: Ganhos de produtividade com o uso de sementes transgênicas

Cultura	Ganho Médio de Produtividade (sacos/ha)	Estimativa Média de Ganho (%)
Soja	08	08 - 13%
Milho	70	20 - 30%

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Sementes Aurora (2015).

O ganho médio do aumento de produtividade com o uso de sementes transgênicas em comparação com as sementes convencionais considerado pela Sementes Aurora, de acordo com o quadro 24, é de 08 sacos/ha para a cultura de soja, o que indica um ganho de 08 a 13%. Já para os cultivares de milho, o ganho na produtividade média foi de 70 sacos/ha, representando um aumento de 20 a 30%.

Apesar da produtividade média do milho ter atingido a marca de 204,8 sacos/ha em 2015, houve registros de 227 sacas/ha do cultivo de sementes de milho transgênico enquanto que as sementes convencionais registraram a marca de 150 sacas/ha. Essa diferença condiciona ao produtor quantias superiores a 50% na elevação da produtividade média por hectare.

O parque de máquinas da empresa Sementes Aurora é composto conforme o exposto no quadro 25:

Quadro 25: Parque de máquinas da propriedade rural da empresa Sementes Aurora (2015)

Equipamento	Quantidade	Capacidade Total dos Equipamentos
Colhedoras Axiais	11	365 pés
Carretas Agrícolas	05	60.000 litros
Tratores de Rodas	24	3.600 cvs
Semeadoras de Verão	13	171 linhas
Semeadoras de Inverno	10	266 linhas
Pulverizadores Autopropelidos	05	141 metros

Fonte: Elaboração própria com base em dados fornecidos pela Sementes Aurora (2015).

Verifica-se que a propriedade analisada, conforme o quadro 25, dispõe atualmente em seu parque de máquinas 11 colhedoras axiais, o que proporciona uma capacidade de colheita de 365 pés simultaneamente (aproximadamente 111,25 metros), 05 carretas agrícolas, com capacidade de carga de 60.000 litros, 24 tratores de rodas, equivalendo a potência de 3.600 cvs, 13 semeadoras de verão, abrangendo 171 linhas de plantio, 10 semeadoras de inverno com potencial para 266 linhas de plantio e 05 pulverizadores autopropelidos, os quais abrangem uma área simultânea de 141 metros.

No ano de 2009 foi implantado o sistema *StarFire* (SF1) na propriedade, enquanto que o sistema RTK foi implantado no ano de 2011. Ambos os sistemas estão contemplados com o piloto automático, sendo o operador o responsável por realizar somente as manobras de cabeceira. Porém, a principal diferença entre estes sistemas é a precisão, enquanto o sistema RTK é considerado altamente preciso em suas operações, o sistema *StarFire* (SF1) necessita de ajustes, pois este poderá apresentar desvios de rota de 03 a 04 centímetros. Estes ajustes podem ser realizados diariamente ou em períodos mais longos, conforme necessidade averiguada pelos desvios apresentados.

Das atuais colheitadeiras, 50% estão equipadas com o sistema RTK e os outros 50% estão equipadas com GPS e o Sistema *StarFire* (SF1). Em relação aos pulverizadores autopropelidos, todos possuem integrado o sistema RTK com piloto automático. Já os tratores de rodas que possuem o sistema RTK com piloto automático são 10, não sendo necessária a sua instalação em todos, pois os demais são utilizados para espalhar ureia e servem como tratores de apoio, auxiliando nas tarefas como abastecimento de sementes para as plantadeiras entre outras.

De acordo com a Sementes Aurora, o sistema RTK é considerado importante nas mais diversas fases da atividade agrícola, mas é essencial na fase do plantio, onde a precisão se torna fator imprescindível para a uniformidade e maximização da área e das sementes, além de evitar o desperdício de insumos. Já para a operação de Colheita, o uso do sistema *StarFire* (SF1) poderá ser utilizado. Apesar da precisão ser importante, este sistema contempla de forma satisfatória esta etapa, sendo que pequenos desvios de rota poderão ser ajustados para a continuidade do trabalho.

A figura 33 destaca o plantio realizado com o sistema RTK com piloto automático:

Figura 33: Plantio com sistema RTK com piloto automático



Fonte: Maurício De Bortoli (2015).

Conforme a figura 33, percebe-se que no plantio com a agricultura de precisão, mesmo fazendo as passadas de modo intercalado, as espaços intermediários serão exatamente da largura a ser preenchida por uma nova passada. Deste modo não haverá sobrepassadas ou espaços sem plantar, maximizando o uso da área bem como de sementes e corretivos.

Já a figura 34 aponta a colheita realizada com o auxílio do piloto automático:

Figura 34: Colheita com piloto automático



Fonte: Maurício De Bortoli (2015).

Na colheita com piloto automático, de acordo a figura 34, a agricultura de precisão proporciona a maximização do processo. Verifica-se o aproveitamento de 100% do uso da plataforma, mesmo que a colheita seja feita de forma intercalada na lavoura.

Também cabe destacar que o lema da empresa Sementes Aurora é: “Uma empresa não é feita somente de máquinas, mas sim de pessoas”. Este conceito está muito presente na empresa, pois prezam muito pela capacitação profissional e o comprometimento desses profissionais com os objetivos da mesma.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conclui-se que, através dos resultados obtidos nesta pesquisa, o mercado oferece uma diversidade de equipamentos e tecnologias capazes de fornecer inúmeros dados e informações detalhadas a respeito de uma lavoura ao gerenciador da propriedade agrícola. Convém lembrar que aqui foram utilizados por base os principais equipamentos disponíveis no mercado, não sendo necessariamente descritas todas as tecnologias à disposição dos produtores rurais.

Outro ponto a ser destacado é que o produtor pode optar por adquirir equipamentos novos ou adaptar os equipamentos já existentes na propriedade, mediante a aquisição de kits para equipamentos de agricultura de precisão. Estas tecnologias não precisam, necessariamente, serem adquiridas em um único período, podendo este investimento ser diluído em vários anos, implementando-se a AP gradativamente na lavoura.

Os dados da lavoura mostraram-se satisfatórios no período pesquisado, de 2005 a 2015, visto que o foco foi a verificação da produtividade em área irrigada. A cultura da soja, a mais importante economicamente da propriedade, atingiu ganhos de produtividade de 49,38% enquanto que o milho totalizou 35,36% de aumento produtivo. A cultura do feijão atingiu seu pico produtivo no ano de 2011, registrando um aumento de 42,90% em relação ao ano inicial da pesquisa, porém, não manteve uma estabilidade, diminuindo a produção nos dois períodos seguintes.

Em relação ao sistema sequeiro, foi analisada a cultura do trigo, por ser destinada uma área considerável para esta cultura, 2.100 hectares. Seu desempenho mostrou-se satisfatório, com exceção ao último período, pois do ano de

2005 a 2013 registrou um aumento produtivo de 60,41%, decrescendo no último período para a produtividade idêntica ao ano inicial da pesquisa, por motivos de doenças da planta.

Porém, cabe salientar a recuperação dos solos não se efetiva de um período produtivo para outro. As análises e aplicações de fertilizantes e corretivos devem ser constantes. Constatou-se que a variabilidade da concentração de fósforo na área de cobertura do pivô de irrigação 02 era considerável. No ano de 2006, do total da área de 145,9 ha, apenas 5,4 ha possuíam índices de concentração do teor de fósforo acima de 24 mg/dm³, representando 3,7% da área. Esse índice de concentração esteve presente em 19,9 ha no ano de 2009, refletindo 13,7% da área. Já no ano de 2012, a parcela da área aumentou para 53,5 ha com este índice, totalizando 36,7% da parcela da lavoura em análise.

Com os dados analisados (figuras 26, 27 e 28; mapas de fertilidade do solo), percebe-se que a lavoura ainda não atingiu a sua total recuperação da deficiência existente em relação ao fósforo. Novas análises deverão ser realizadas e o processo de recuperação da lavoura deve ser constante para aprimorar cada vez mais o potencial da lavoura, maximizando o retorno produtivo.

Considerando uma propriedade de grande porte, em especial a área analisada, torna-se viável o investimento em novas tecnologias, visto que a empresa destina 20% da sua receita em incorporações tecnológicas, enquanto que o custo com insumos representam 50%. Porém, estes 20% tendem a aumentar a lucratividade ao longo dos anos, tornando a empresa competitiva, atualizada as tendências e exigências do mercado, além de proporcionar a possibilidade de expansão e área de atuação da mesma.

Outro fator verificado na propriedade com a introdução de equipamentos modernos e com maior capacidade produtiva é a diminuição do número de funcionários, pois inicialmente parte-se da necessidade de um funcionário para cada 126,31 hectares em 2005, para um funcionário a cada 234,33 hectares em 2015. Também verificou-se a diminuição dos custos dos fatores de produção nas etapas de semeadura de verão, semeadura de inverno e colheita, onde um número menor de máquinas realizam a atividade com a mesma eficiência e tempo, proporcionando reduções no consumo de combustível e no número de operadores.

Com base nessas análises, a propriedade mostrou-se eficiente na incorporação das tecnologias de agricultura de precisão, pois essas proporcionam um amplo conhecimento sobre cada parcela da lavoura, permitindo com que cada uma seja tratada conforme suas necessidades, de acordo com a variabilidade que apresentam. A confecção de mapas permite aos gerenciadores agrícolas tomadas de decisões precisas e no tempo adequado para maximizar o uso da lavoura, da produtividade e dos fatores de produção. Dessa maneira, os resultados, no período compreendido entre 2005 e 2015, foram significativos em relação às variáveis consideradas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura de precisão torna-se uma prática e uma tendência mundial para a agricultura moderna, voltada a maximizar e racionalizar o uso da área, das sementes e dos insumos, além da preocupação ambiental inclusa na exploração da atividade agrícola. Além disso, a introdução da agricultura de precisão permite ao produtor obter uma base de dados confiável sobre a sua lavoura, possibilitando o gerenciamento eficaz dos fatores de produção e, conseqüentemente, aumentando consideravelmente os seus retornos produtivos e mantendo-se competitivo no mercado.

A exemplo de grandes empresas e indústrias, a agricultura tem sido alvo da concentração de tecnologias de ponta, onde o mercado tem oferecido uma diversa gama de produtos capazes de proporcionar aumentos produtivos sem expansão da área cultivada. Com isso, a agricultura torna-se capaz de atender um mercado consumidor em expansão, bem como oferecer produtos que atendam às exigências dos consumidores.

Além disso, estas tecnologias proporcionam o conhecimento da variabilidade de uma lavoura e suas causas, permitindo o gerenciamento localizado de insumos para sua correção. Também, o uso de máquinas modernas e sofisticadas, com alta capacidade produtiva, racionaliza o tempo e os custos na execução de cada atividade.

Dessa maneira, o presente estudo permite identificar, teoricamente, como a agricultura de precisão organiza o modo de coleta de dados sobre as condições do solo, produtividade e necessidade da aplicação de insumos na lavoura, permitindo ao produtor o gerenciamento eficaz sobre cada parcela da sua propriedade. Além disso, contempla os principais equipamentos utilizados na agricultura de precisão, bem como sua funcionalidade, com destaque para a aquisição em forma de kit, o qual se torna mais acessível financeiramente para o produtor.

Através da pesquisa, atingindo tanto o primeiro como o segundo objetivos levantados, verificou-se que o produtor utiliza diversas técnicas para o gerenciamento eficaz de sua lavoura. Entre estes estão a confecção dos mapas de coleta de solos para realizar as análises da deficiência de concentração de fertilizantes e corretivos, os mapas de aplicação localizada e os mapas de

produtividade. Além disso, comprovou-se que a utilização de equipamentos com tecnologia avançada são indispensáveis para a introdução da tecnologia da agricultura de precisão em uma lavoura, como o uso do GPS e diversos sensores acoplados aos equipamentos capazes de atender a demanda dos produtores.

Atualmente, diversas opções de equipamentos para a agricultura de precisão encontram-se disponíveis para os produtores. Estes podem ser adquiridos em forma de kit ou por equipamentos com itens de série com a tecnologia embutida, sendo que a inclusão desses na propriedade pode ser de modo gradual, diluindo o investimento por vários anos.

Na opção da aquisição dos equipamentos em forma de kit, o produtor necessitará realizar um investimento de R\$ 72.245,00, estando inclusos o equipamento com sinal de satélite RTK, o piloto automático, o *software* Apex, o kit de aplicação de insumos a taxa variável e o monitor de plantio para uma plantadeira de nove linhas. Porém, para adquirir equipamentos com itens de série para a agricultura de precisão, o investimento será de R\$ 1.398.500,00, onde estão inclusos uma colheitadeira axial, um trator de 130 cv, um pulverizador autopropelido e uma plantadeira de nove linhas mecânica. Todos os valores descritos referem-se aos produtos comercializados pela concessionária SLC Comercial de Máquinas Agrícolas Ltda., referentes ao mês de maio de 2015, estando dessa forma contemplado o terceiro objetivo.

Porém, um ponto importante a ser observado na agricultura de precisão é a calibração dos equipamentos, tanto nas etapas de aplicação de insumos a taxa variável quanto na etapa de colheita. Baio (2015) destaca que a calibração dos sensores geralmente se faz necessário a cada dia de trabalho, ou no início de colheita de um novo talhão. Este processo consiste somente na checagem comparativa entre o que o sensor apresenta de informação e o que realmente ele deveria mensurar.

Para a obtenção dos dados atingidos por uma lavoura, foi considerada uma propriedade rural de grande porte. Os resultados obtidos apresentaram-se consideravelmente satisfatórios e de acordo com o propósito do estudo. Nesta etapa foram expostos, principalmente, os dados de produtividade atingidos pela propriedade em áreas irrigadas, sendo que esses apresentaram índices de

crescimento ao longo do período analisado. Assim, o quarto objetivo proposto neste estudo foi atingido.

Além disso, o problema de pesquisa levantado – a saber quais são os impactos produtivos inclusos em uma propriedade rural com o uso das incorporações tecnológicas de agricultura de precisão – foi respondido. Verificaram-se aumentos na área cultivada, redução do número de funcionários por hectare e redução de custos nas fases de plantio e colheita, obtidos mediante a introdução de máquinas mais modernas e com maior capacidade produtiva.

Conforme apontam as análises desse estudo, para efetuar a atividade de colheita, houve significativa redução de custos em relação a gastos com operadores e consumo de combustível. Para realizar a colheita de 200 ha/dia, do ano de 2008 para 2013, houve a redução de 44,44% no número de máquinas necessárias, e consequentemente no número de operadores. Além disso, o consumo de combustível diminuiu em 22,22%, considerando-se uma jornada de trabalho de 10 horas diárias.

Igualmente, o estudo apontou economia nos gastos para realizar a atividade de semeadura de verão, tendo-se por base a utilização das mesmas variáveis utilizadas na atividade de colheita. Para realizar esta atividade em 250 ha/dia, a uma jornada de trabalho de 12 a 14 horas diária, a redução do número de tratores, bem como de operadores, foi de 40% no ano de 2013 em relação a 2008. Já a diminuição do consumo de combustível foi de 17,39%.

Da mesma forma, a semeadura de inverno apresentou gastos menores em 2013 do que em 2008, considerando-se as mesmas variáveis. O número de tratores e operadores diminuiu 40% e o consumo de combustível registrou uma queda de 33,33%, para realizar a atividade em 150 ha/dia a uma jornada de trabalho de 12 a 14 horas/dia.

Convém mencionar que a jornada de trabalho considerada na propriedade refere-se exclusivamente aos equipamentos. Em relação ao quadro funcional, a empresa adota em sua propriedade o sistema de revezamento de funcionários nas épocas em que for necessária uma jornada de trabalho maior, ou seja, é adotado o sistema de mão-de-obra dupla, com cada turno trabalhando o equivalente a oito horas diárias.

A propriedade analisada aumentou significativamente a sua área cultivada, passando de 4.800 ha em 2005 para 7030 ha em 2015, o que representa um aumento aproximado de 46,45%. Atualmente, 1.490 ha estão contemplados com a técnica de irrigação, ou seja, 21,19% da área total. A cultura da soja é considerada a mais importante economicamente para a propriedade e 90% das terras são destinadas para essa cultura nos cultivos de verão.

A produtividade dessa *commoditie* em área irrigada apresentou um aumento considerável de produtividade. Em 2005, a média atingida foi de 48,4 sacos/ha, enquanto que em 2015 houve uma elevação para 72,3 sacos/ha, o que significa aumentos de produtividade média na faixa de 49,38%.

Verificou-se, também, que a cultura do milho em área irrigada apresentou, entre os anos de 2005 e 2015, uma elevação na produtividade média de 35,36%, passando de 151,3 sacos/ha em 2005 para 204,8 sacos/ha em 2015. O feijão apontou rendimentos crescentes de produtividade no período compreendido entre 2005 e 2011, elevando a mesma de 29,6 sacos/ha em 2005 para 42,3 sacos/ha em 2011, representando um aumento de 42,90%. Porém, nos períodos seguintes apresentou queda, chegando a 34,3 sacos/ha em 2015, ocasionado principalmente pela sensibilidade ao clima que o cultivar apresenta.

No sistema sequeiro, averiguou-se na cultura do trigo que o mesmo apresentou um crescimento de produtividade de 60,41% entre 2005 e 2013, retratando um aumento produtivo que passou de 42,3 sacos/ha em 2005 para 69,3 sacos/ha em 2013. Porém, no ano de 2015 essa cultura apresentou um declínio chegando a 42,4 sacos/ha ao ano, fato motivado principalmente pela incidência de doenças na planta.

Cabe ressaltar, também, que este estudo não visou investigar a real interferência dos transgênicos na produtividade da lavoura, mas sim teve como foco principal a análise do impacto produtivo ocasionado mediante a incorporação tecnológica da agricultura de precisão em área irrigada, independentemente do cultivo ou não de sementes transgênicas. Porém, cabe salientar que esta variável não interferiu na análise das culturas de soja, trigo e feijão, pois em todos os períodos da pesquisa foram utilizados os mesmos tipos de sementes dessas culturas.

Nota-se que as contribuições de Schumpeter a respeito da importância do empresário inovador no que se refere ao aumento e geração de maiores lucros são amplamente verificáveis para o estudo de caso abordado. Cabe ressaltar que, nesta propriedade examinada, a inovação é realmente um processo de descoberta e experimentação, imitação e a adoção, conforme já afirmado por Dosi.

Para a cultura de milho caberia uma investigação mais detalhada, já que esta utilizou sementes convencionais nos dois primeiros períodos e sementes transgênicas nos períodos seguintes. Mas, independentemente do tipo de semente utilizada, a cultura apresentou constantes evoluções produtivas, mesmo nos períodos em que a semente utilizada foi a mesma, como nos casos de 2013 e 2015, ainda que este aumento fosse em menor proporção.

Portanto, o tema proposto neste estudo foi atingido com êxito, pois a pesquisa demonstrou, numa série histórica compreendida entre 2005 e 2015, os impactos produtivos inclusos em uma propriedade rural mediante as incorporações tecnológicas da agricultura de precisão. Neste sentido, pode-se concluir que a agricultura também é dependente de variáveis exógenas para alcançar produtividades cada vez maiores, necessitando da transferência tecnológica criada pelas empresas e da intervenção dos empreendimentos industriais. Nunes (2007) já destacava que a agricultura é dependente do que acontece na economia mundial como um todo.

Além disso, a agricultura de precisão tem comprovado vantagens tanto no campo científico quanto no campo prático. Segundo a Arvus Tecnologia (2014), estas vantagens consistem na economia de insumos agrícolas (agrotóxicos, fertilizantes e corretivos agrícolas), no aumento da produtividade e na sustentabilidade da terra em longo prazo, devido a sua exploração de forma otimizada e não depredadora.

Porém, novos estudos podem ser realizados para ampliar os resultados obtidos nesta pesquisa. Os dados aqui descritos referem-se a uma propriedade específica, não servindo de base para a generalização do caso. Novos estudos podem ser direcionados para os impactos causados da incorporação das tecnologias de agricultura de precisão nas lavouras como um todo, em área irrigada e não irrigada.

Pode ser investigada também a discrepância na produtividade, manejo do solo e introdução de tecnologias de pequenas propriedades em comparação às empresas rurais. Outros equipamentos e tecnologias podem ser relacionados, não sendo necessariamente para a produção de *commodities* agrícolas, mas sim fontes alternativas para a agricultura brasileira.

Outro fator a ser estudado é a viabilidade econômica da introdução destas tecnologias, analisando a quantia de hectares necessários para cobrir os seus custos de implantação, bem como o uso em pequenas e médias propriedades e o grau de utilização de equipamentos mais sofisticados nestas lavouras. Também, poderão ser analisados criteriosamente os reais impactos produtivos ocasionados pelas sementes transgênicas em relação ao uso de sementes convencionais.

Além disso, a elaboração de um modelo matemático que indique a maximização dos lucros apontando a quantidade de hectares que devem ser destinados para cada cultura possibilitaria averiguar a maximização dos lucros da propriedade. Isto de fato iria comprovar se, atualmente, a maneira como é distribuída a área para cada cultivar é o mais rentável, ou se há possibilidade de expansão da lucratividade, considerando-se a demanda por estes produtos.

REFERÊNCIAS

ABBOUD, Antonio Carlos de Souza (org.). **Introdução à agronomia**. 1.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

AGROLINK. **Produtividade de milho OGM atinge média de 16,6% superior à do convencional**. Abr. 2009. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/sementes/NoticiaDetalhe.aspx?CodNoticia=87593>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

AGROPRECISION – AGRICULTURA INTELEGENTE. Arquivo Digital Pessoal da Agroprecision. 2015.

ALVES, José Eustáquio Diniz. A polêmica Malthus versus Condorcet reavaliada à luz da transição demográfica. **Textos para discussão**, Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Rio de Janeiro, IBGE, n. 4, 2002. Disponível em: <<http://sociales.cchs.csic.es/jperez/pags/Teorias/Textos/Diniz2002.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

ANTUNIASSI, Ulisses R.. Aplicação localizada de insumos. In: ANTUNIASSI, Ulisses R.; BAILO, Fábio H. R.; SHARP, Timothy C. **Agricultura de precisão**. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba6/palestras/1622.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2015.

ARVUS TECNOLOGIA. **A agricultura de precisão**. Disponível em: <http://www.arvus.com.br/infos_AP.htm>. Acesso em: 25 mar. 2014.

AZEVEDO, Francisco Fransualdo; PESSÔA, Vera Lúcia Salazar. O programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar no Brasil: uma análise sobre a distribuição regional e setorial dos recursos. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, a. 23, n. 3, p. 483 – 496, set/dez. 2011. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/12573/pdf>>. Acesso em: 25 out. 2015.

BACHMANN, Dorian. **Guia para a inovação**: instrumento de orientação de ações para melhorias das dimensões da inovação. SEBRAE – PR. 2010. Disponível em: <http://app.pr.sebrae.com.br/FCKeditor/userfiles/file/UIC/ALI/Guia_para_inovacao_instrumento_de_orientacao.pdf>. Acesso em: 25 out. 2015.

BAIO, Fábio H. R. Agricultura de precisão: tendências, desafios e oportunidades. **AgroAnalysis**, São Paulo, out. 2009. Disponível em: <http://www.agroanalysis.com.br/materia_detalhe.php?idMateria=723>. Acesso em: 15 maio 2014.

_____. Aplicação localizada de insumos. In: ANTUNIASSI, Ulisses R.; BAILO, Fábio H. R.; SHARP, Timothy C. **Agricultura de precisão**. Disponível em: <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/cba6/palestras/1622.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2015.

BALASTREIRE, Luiz Antônio; ROSSI, Fabrício. **Agricultura de precisão**. Manual nº 206. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 1999.

BERNARDI, Alberto; INAMASU, Ricardo. Agricultura de precisão: uma ferramenta ao alcance de todos. **Canal do Produtor**. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/agricultura-precisao/artigos-e-palestras/artigo-agricultura-de-precisao-uma-ferramenta-ao-alcance-de-todos/>>. Acesso em: 15 maio 2014.

BERNARDO, Salassier; SOARES, Antonio Alves; MANTOVANI, Everardo Chartuni. **Manual de Irrigação**. 8.ed. atualizada e ampliada. 2. reimp. Viçosa, MG: UFV, 2009.

BORGES, Leonardo Odair Sanches. **Direito Agrário**: Institutos Jurídicos Agrários. Disponível em: <http://fortioriadvocacia.blog.com/files/2011/03/Aula_Agrario_02.pdf>. Acesso em: 25 out. 2015 (material de aula).

BORTOLI, Maurício De. Arquivo Digital de Fotos Disponibilizados pela Sementes Aurora. Sementes Aurora, 2015.

BRAGA, Ricardo. Condução de tratores e máquinas agrícolas por GPS. In: COELHO, José Pimentel Castro; SILVA, José Rafael Marques da (org.). **Agricultura de precisão**. Inovação e tecnologia na formação agrícola. Lisboa: Associação dos Jovens Agricultores de Portugal, 1. ed., 2009. Disponível em: <http://agrinov.ajap.pt/manuais/Manual_Agricultura_de_Precisao.pdf>. Acesso em: 15 maio 2014.

BRAGACHINI, Mario (coord.). **Agricultura de precisión**. *Proyecto: agricultura de precisión* INTA Manfredi 2001. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária. Centro Regional Córdoba. Estación Experimental Agropecuária Manfredi. Córdoba, Argentina, 2001. (Mímio).

CANÊDO, Letícia Bicalho. **A revolução industrial**. Coleção Discutindo a História. 15.ed. São Paulo: Atual, 1996.

COELHO, Antônio Marcos. **Agricultura de precisão**: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas. Doc. 46. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2005/documento/Doc_46.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2014.

COELHO, J. P. C. *et. al.* Agricultura de precisão. In: COELHO, José Pimentel Castro; SILVA, José Rafael Marques da (org.). **Agricultura de precisão**. Inovação e tecnologia na formação agrícola. 1. ed.. Lisboa: Associação dos Jovens Agricultores de Portugal, 2009. Disponível em: <http://agrinov.ajap.pt/manuais/Manual_Agricultura_de_Precisao.pdf>. Acesso em: 15 maio 2014.

COELHO, José Pimentel Castro; SILVA, José Rafael Marques da. Agricultura de precisão. **Inovação e tecnologia na formação agrícola**. 1. ed.. Lisboa: Associação dos Jovens Agricultores de Portugal, 2009. Disponível em: <http://agrinov.ajap.pt/manuais/Manual_Agricultura_de_Precisao.pdf>. Acesso em: 15 maio 2014.

COSTA, Cinthia Cabral da; GUILHOTO, Joaquim José Martins. Impactos da agricultura de precisão na economia brasileira. In: INAMASU, R. Y., *et. al.* (ed.). **Agricultura de Precisão: Um Novo Olhar**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. Disponível em: <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/laboratorio-nacional-de-agricultura-de-precisao/livro-agricultura-de-precisao-um-novo-olhar/5.3>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

DOSI, Giovanni. The nature of the innovative process. In: DOSI, G. *et al.*, eds. **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988.

ENCICLOPÉDIA DELTA UNIVERSAL. Vol.1. Rio de Janeiro: Delta, 1982.

FAULIN, Marisa Renaud. Erros do Sistema Global de Posicionamento (GPS). **Portal Dia de Campo**, fev, 2012. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=26092&secao=Colunas%20e%20Artigos>>. Acesso em: 15 maio 2014.

FERREIRA, Valber Mendes. **Irrigação e Drenagem**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Técnico em Agropecuária. Floriano, PI: EDUFPI, 2011. Disponível em: <http://200.17.98.44/pronatec/wp-content/uploads/2013/06/Irrigacao_e_Drenagem.pdf>. Acesso em 08 out. 2015.

FILHO, Izaias de Carvalho. Agricultura de precisão como ferramenta para promoção da sustentabilidade e competitividade do agronegócio brasileiro. In: INAMASU, R. Y., *et. al.* (ed.). **Agricultura de Precisão: Um Novo Olhar**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. Disponível em: <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/laboratorio-nacional-de-agricultura-de-precisao/livro-agricultura-de-precisao-um-novo-olhar/5.7>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

FIORETTO, Roberto Antunes. **Cuidar bem do solo é o primeiro passo: preparação das amostras para análise de solo**. Doutores da Terra. Solos. 1. ed., out/nov. 2013. Disponível em: <<http://www.doutoresdaterra.com.br/solos/cuidar-bem-do-solo-e-o-primeiro-passo/>>. Acesso em: 14 nov. 2015.

FURLANETO, Fernanda de Paiva Badiz; MANZANO, Leandro Moreira. Agricultura de precisão e restreabilidade: a tecnologia da informação no agronegócio. Apta Regional. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 2, jul-dez 2010. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=775&Itemid=284>. Acesso em: 15 maio 2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GUIMARÃES, Hegler Machado; ALVIM, Maria Isabel as Silva Azevedo. **A conscientização ambiental: agricultura e desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/416.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2014.

HEINEN, Milton. **Direito Agrário: introdução ao estudo do Direito Agrário**. Disponível em: <<http://www.apostila.com.br/apostila/2541/direito-agrario-introducao.html>>. Acesso em: 25 out. 2015 (apostila).

HUNT, E. K. **História do pensamento econômico: uma perspectiva crítica**. 7.ed. 28 reimp. Rio de Janeiro: Elsevier, 1981.

INAMASU, R. Y. *et. al.* Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. In: INAMASU, R. Y., *et. al.* (ed.). **Agricultura de Precisão: Um Novo Olhar**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011a. Disponível em: <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/laboratorio-nacional-de-agricultura-de-precisao/livro-agricultura-de-precisao-um-novo-olhar/introducao>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

_____. Estratégia de implantação, gestão e funcionamento da rede agricultura de precisão. In: INAMASU, R. Y., *et. al.* (ed.). **Agricultura de Precisão: Um Novo Olhar**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011b. Disponível em: <<http://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/laboratorio-nacional-de-agricultura-de-precisao/livro-agricultura-de-precisao-um-novo-olhar/1.1>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

INCRA – INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Classificação dos imóveis rurais**. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/tamanho-propriedades-rurais>>. Acesso em: 25 out. 2015.

JOHN DEERE. **AMS: soluções em gerenciamento agrícola**. Disponível em: <http://www.deere.com.br/pt_BR/ag/landingpages/ams.html>. Acesso em: 23 set. 2011.

_____. **Distribuidor de Sólidos 4940 Dry Box DN200 / DN300**. Disponível em: <https://www.deere.com.br/pt_BR/products/equipment/solid_distributors/4940_dry_box_distributor_self_propelled/4940_dry_box_distributor_self_propelled.page>. Acesso em: 08 nov. 2015a.

_____. **Plantadeiras DB50**. Disponível em: <https://www.deere.com.br/pt_BR/products/equipment/planters/db_series/db_50/db_50.page>. Acesso em 08 nov. 2015b.

JOHNSON, D. R.; EVENSON. E. R&D Spillovers to Agriculture: Measurement and Application. **Contemporary Economic Policy**, a. 17, n. 4, p.432-456, 1999.

LAMAS, Fernando Mendes. **A incorporação de novos conhecimentos na agricultura**. Campo Grande News. Artigos. 2013. Disponível em: <<http://www.campograndenews.com.br/artigos/a-incorporacao-de-novos-conhecimentos-na-agricultura>>. Acesso em: 30 out. 2015.

LAMPARELLI, Rubens A. C.; ROCHA, Jansle Vieira; BORGHI, Elaine. **Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações**. Série Engenharia Agrícola. v. II. Guaíba, RS: Agropecuária, 2001.

LEFORT, J. **Inovação tecnológica e experimentação no meio rural**. Brasília: DAS/CIRAD/CPAC/Embrapa, 1990.

LENZ, Maria Heloísa. A teoria da renda da terra: Ricardo e Malthus. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, a. 6, n. 1, p. 81-104, 1985. Disponível em: <<http://revistas.fee.tche.br/index.php/ensaios/article/viewFile/899/1184..>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

LONDRES, Flávia. **Transgênicos no Brasil: as verdadeiras consequências**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/agenda21/candeia.htm>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

LOPES, Maurício Antônio. **A agricultura e o desafio da sustentabilidade**. Rede de Agricultura Sustentável – RAS. Notícias. Disponível em: <<http://www.agrisustentavel.com/artigos/desafio.html>>. Acesso em: 30 de out. 2015.

LUZ, Valdemar Pereira da. **Técnicas agrícolas**. 3.ed.. v.1. São Paulo: Ática, 1990.

MALTHUS, Thomas Robert. **Princípios de economia política e considerações sobre sua aplicação prática - Ensaio sobre a População**. Os Economistas. Apresentação Ernane Galvêas Trad. Regis de Castro Andrade, Dinah de Abreu Azevedo e Antonio Alves Cury. São Paulo: Nova Cultural, 1996. Disponível em: <http://www.adelinotorres.com/economia/Robert%20Malthus_Principios%20de%20Economia%20Politica%20e%20Ensaio%20sobre%20a%20Popula%20E7%E3o.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2015.

MANTOVANI, Everardo Chartuni; BERNARDO, Salassier; PALARETTI, Luiz Fabiano. **Irrigação: princípios e métodos**. 3.ed. atualizada. 2. reimp. Viçosa, MG: UFV, 2012.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Agricultura de precisão. **Boletim Técnico**. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília, DF. 2011. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/Boletim%20T%C3%A9cnico%20AP.pdf>. Acesso em: 25 out. 2015.

_____. **Plano Agrícola e Pecuário 2014/2015**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/PAP%202014-2015.pdf>. Acesso em: 30 out. 2015.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

_____. **Técnicas de pesquisa**: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MASCARENHAS, Marcos. **Qual o conceito de imóvel rural nos termos da legislação agrária e o que é CCIR?** O Gestor Imobiliário. 2012. Disponível em: <<http://ogestorimobiliario.blogspot.com.br/2012/01/qual-o-conceito-de-imovel-rural-nos.html>>. Acesso em: 25 out. 2015.

MELLO, Jorge Luiz Pimenta; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Irrigação**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Tecnologia. Departamento de Engenharia. Setembro, 2009. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=23&ved=0CCcQFjACOBQrFQoTCIW22uD7scgCFUwrHgod7N8LKQ&url=http%3A%2F%2Fwww.ufrrj.br%2Finstitutos%2Fit%2Fdeng%2Fleonardo%2Fdownloads%2FAPOSTILA%2FIRRIGACAO_V.%25204.0.doc&usq=AFQjCNGCz1Zrv5HqC5zWuZuuGhirSgePkw>. Acesso em 08 out. 2015.

MENDES, Judas Tadeu Grassi; JUNIOR, João Batista Padilha. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. São Paulo: Pearson, 2007.

MIALHE, Luiz Geraldo. **Máquinas agrícolas**: ensaios e certificação. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996.

MILL, John S. **Princípios de economia política**: com algumas de suas aplicações à filosofia social. Coleção Os Economistas, São Paulo, Abril Cultural, v. 2, 1983.

MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES. **Inovação tecnológica**. 2012. Disponível em: <<http://www.mc.gov.br/acoes-e-programas/inovacao-tecnologica>>. Acesso em: 05 nov. 2015.

MOLIN, José Paulo. **Desafios da agricultura brasileira a partir da agricultura de precisão**. São Paulo, s/a. Disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&ved=0CGQQFjAL&url=http%3A%2F%2Fwww.ipni.net%2Fppiweb%2Fpbrazil.nsf%2F1c678d0ba742019483256e19004af5b8%2F33dc5ca036ed230b83256c9500661742%2F%24FILE%2FAnais%2520Jose%2520Paulo%2520Molin.doc&ei=aOcsU4DUBcGTkQf9wYC4BQ&usq=AFQjCNG_9zTfWya606Wm3NwINmhW07lSdQ>. Acesso em: 25 mar. 2014.

_____. Desafios da agricultura no Brasil a partir da agricultura de precisão. In: **3º Simpósio sobre Rotação Soja/Milho no Plantio Direto**. Piracicaba, jul. 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: 15 maio 2014.

NUNES, José Luis da Silva. Agricultura de precisão. **Agrolink**. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/AgriculturaPrecisao.aspx>>. Acesso em: 15 maio 2014.

NUNES, Sidemar Presotto. O desenvolvimento da agricultura brasileira e mundial e a ideia de desenvolvimento rural. **Boletim Eletrônico Deser** – Departamento de Estudos Socioeconômicos Rurais, Conjuntura Agrícola. n. 157, Março 2007. Disponível em: <<http://www.deser.org.br/documentos/doc/DesenvolvimentoRural.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2014.

PINTEC – PESQUISA DE INOVAÇÃO. **Dados Brasil 2011**: tabelas publicação CNAE. Disponível em: <http://www.pintec.ibge.gov.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=27&Itemid=43>. Acesso em: 25 out. 2015.

PONS, Miguel Angel. **História da agricultura**. Caxias do Sul, RS: Maneco, 1998.

RAMOS, Paulo Cezar Mendes. **10 anos de transgênicos no Brasil**. Out. 2013. Disponível em: <<http://www.asibamanacional.org.br/wp-content/uploads/2013/09/10-anos-de-transg%C3%AAnicos-no-Brasil.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

REIS, Alexandre. A teoria renda da terra ricardiana: um marco teórico unificador entre a economia da poluição e a economia dos recursos naturais. In: **VI Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica** – ECOECO, Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/ mesa1/a_teor ia_da_renda_ricardiana.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2015.

RENORBIO – REDE NORDESTE DE BIOTECNOLOGIA. **O Brasil pode liderar mercado dos transgênicos**. Recife, dez. 2003. Disponível em: <<http://www.renorbio.org.br/portal/noticias/o-brasil-pode-liderar-mercado-dos-transgenicos.htm>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

REVISTA AGRIMOTOR: O AGRONEGÓCIO EM DESTAQUE. **Produção de alimentos precisa crescer 40% em 20 anos**. São Paulo, Grips, a. 7, n. 64, maio 2011.

SANTOS, Izequias Estevam dos. **Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica**. 5.ed. Niterói: Impetus, 2005.

SCHUMPETER, Joseph A. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. Trad. de Maria Sílvia Possas. 2. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1985.

SEAGRI. *Commodities* agrícolas: evolução recente de preços. BNDES. **Informativo Técnico SEAGRI**, DEAGRI 1, GER 1, n. 4, ago. 2011. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivo>

s/conhecimento/informativo_SEAGRI/InformativoSEAGRI_04_2011.pdf>. Acesso em 25 out. 2015.

SEMENTES AGROCERES. Biotecnologia. Aspectos econômicos. **Quais pesquisas atestam a diferença de produtividade entre a planta transgênica e a convencional?** Disponível em:

<http://www.sementesagroceres.com.br/?page_id=170>. Acesso em 26 jun. 2014.

SEMENTES AURORA. Arquivo Digital Pessoal da Sementes Aurora. 2015.

SHIRATSUCHI, Luciano Shozo. **Conceitos e considerações práticas do sistema de geração de mapas de produtividade na cultura de grãos.** Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Cerrados, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Planaltina, v. 126, set. 2004. Disponível em:

<<http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&ved=0CDAQFjABOAO&url=http%3A%2F%2Fwww.cpac.embrapa.br%2Fdownload%2F345%2Ft&ei=w->

osU5usGMmAkQfdr4DABQ&usg=AFQjCNHuytSVCBZ2hqCWRmCY0TwaqPfV0Q>. Acesso em: 25 mar. 2014.

SILVA, José Rafael Marques da; SILVA, Luís Leopoldo. Agricultura de precisão: exemplo da avaliação do efeito da topografia e da rega sobre a variabilidade espacial e temporal da produtividade do milho. In: COELHO, José Pimentel Castro; SILVA, José Rafael Marques da (org.). **Agricultura de precisão.** Inovação e tecnologia na formação agrícola. Lisboa: Associação dos Jovens Agricultores de Portugal, 1. ed., 2009. Disponível em:

<http://agrinov.ajap.pt/manuais/Manual_Agricultura_de_Precisao.pdf>. Acesso em: 15 maio 2014.

SILVA, Vilmar A. **Imóvel Rural.** Faculdade Cathedral. Curso de Direito. Direito Agrário. Disponível em:

<http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0CfoQFjAlahUKEwilpl-rrb_IAhVDn4AKHRt7BQ8&url=http%3A%2F%2Ffiles.professorvilmar.com%2F200000058-

200f721097%2FAULA%2520IMOVEL%2520RURAL.pdf&usg=AFQjCNEke3uW31ArdWM_N6LWBf1aXfXAw>. Acesso em: 25 out. 2015 (material de aula).

SILVEIRA, José Maria Ferreira Jardim da; BORGES, Izaias de Carvalho; BUAINAIN, Antônio Márcio. Biotecnologia e agricultura da ciência e tecnologia aos impactos da inovação. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, Fundação SEADE, v. 19, n. 2, abr. - jun. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-88392005000200009&script=sci_arttext>. Acesso em: 26 jun. 2014.

SLC COMERCIAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS LTDA. Arquivo Digital Pessoal da SLC Comercial. 2015.

SOUZA, Nali de Jesus de. **Desenvolvimento econômico.** 5.ed. revisada. SP: Editora Atlas S.A., 2007.

TEIXEIRA, Roberto Tadeu. Imóvel rural: conceitos de módulo fiscal, módulo rural, módulo de exploração indefinida e fração mínima de parcelamento. **Revista A Mira - Agrimensura e Cartografia**. Criciúma, SC: Luana Ltda. Disponível em: <<http://www.amiranet.com.br/artigo/imovel-rural-conceitos-de-modulo-fiscal-modulo-rural-modulo-de-exploracao-indefinida-e-fracao-minima-de-parcelamento-83>>. Acesso em: 25 de out. 2015.

VARGAS, Ivens Cristian. A agricultura de precisão: nova tecnologia permite conhecer cada metro quadrado da lavoura. **WEB Rural**. Disponível em: <<http://www.webrural.com.br/webrural/artigos/tecnologia/ap/ap.htm>>. Acesso em 15 maio 2014.

_____. **Equipamentos para agricultura de precisão: o Sistema GreenStar®** – John Deere. Disponível em: <<http://www.webrural.com.br/webrural/artigos/tecnologia/ap/jd.htm>>. Acesso em: 19 out. 2011.

VERÍSSIMO, Michele Polline; XAVIER, Clésio Lourenço. Tipos de commodities, taxa de câmbio e crescimento econômico: evidências da maldição dos recursos naturais para o Brasil. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 267-295, mai-ago/2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rec/v18n2/1415-9848-rec-18-02-00267.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2015.

WILKINSON, John (Coord.). **Perspectivas do investimento no agronegócio**. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2008/2009. 306 p. Relatório integrante da pesquisa “Perspectivas do Investimento no Brasil”, em parceria com o Instituto de Economia da UNICAMP, financiada pelo BNDES. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/pib/pib_agronegocio.pdf>. Acesso em: 25 out. 2015.

6. Quais são as culturas produzidas na propriedade e qual a mais importante economicamente? Qual a percentagem que cada cultura representa em área de produção?

7. De que forma são feitas as análises de solo, considerando-se o intervalo de tempo e o número de análise por hectare?

8. Quais as técnicas ou equipamentos da agricultura de precisão utilizadas na propriedade?

9. Como surgiu a ideia ou necessidade da introdução da agricultura de precisão na propriedade?

10. Qual a área, em hectares, da empresa é contemplada com as técnicas de irrigação. Há algum projeto para a ampliação desta área?

11. Qual é a produtividade média por hectare das culturas cultivadas na propriedade, com foco especial para as culturas de soja e milho em área irrigada, considerando-se um período anterior ao da incorporação das tecnologias de agricultura de precisão até o momento atual.

Cultura				
Ano	Produtividade (Sacos/ha)	Semente Transgênica	Produtividade (Sacos/ha)	Semente Transgênica
Cultura				
Ano	Produtividade (Sacos/ha)	Semente Transgênica	Produtividade (Sacos/ha)	Semente Transgênica

12. A empresa considera importante a rotação de culturas? Em caso afirmativo, quais as principais vantagens?

13. Qual o investimento considerado necessário pela empresa para a implantação da agricultura de precisão?

14. Qual a média percentual da produção destinada para cobrir os custos do fatores de produção (sementes, insumos, defensivos, herbicidas, tratamentos, entre outros)?

15. Qual a média percentual da produção destinada para cobrir os custos de manutenção dos equipamentos?

16. Qual a média percentual da produção destinada para a aquisição de novas tecnologias ou equipamentos?

17. Qual sua opinião em relação à incorporação no campo das tecnologias utilizadas no sistema de agricultura de precisão?

18. Em relação ao uso de sementes transgênicas, elas influenciaram a produtividade média da lavoura comparada às sementes convencionais? Em caso afirmativo, qual o percentual que pode ser atribuído a esta variável.

Cultura	Ganho Médio de Produtividade (sacos/ha)	Estimativa de Ganho/Perda (%)

**APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO PARA ENTREVISTA NA EMPRESA SLC
COMERCIAL DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS LTDA.**

1. Quais são os tipos, características e valores dos sinais de satélites disponibilizados pela John Deere para a agricultura de precisão?
2. De que maneira ocorre a transmissão destes sinais para um equipamento no campo?
3. Quais são os tipos e valores e vantagens do piloto automático disponível para equipamentos de marca da empresa e para instalação em equipamentos de outras marcas?
4. Qual o tipo e o valor do *Software* disponível para a confecção dos dados para a agricultura de precisão?
5. Além destes citados anteriormente, quais outros equipamentos oferecidos em forma de kit pela empresa para adaptação em equipamentos de outras marcas para a implantação da agricultura de precisão em uma propriedade?
6. Quais os equipamentos com itens de série oferecidos pela empresa para a implantação da agricultura de precisão em uma lavoura, quais são as características destes equipamentos e quais os valores para a aquisição dos mesmos?

APÊNDICE C: CESSÃO DE DIREITOS SOBRE ENTREVISTA

CESSÃO DE DIREITOS SOBRE ENTREVISTA

Pelo presente documento, eu, _____, nacionalidade: _____, estado civil: _____, profissão: _____, portador do documento de Identidade Nº: _____, domiciliado e residente na cidade de _____, endereço: _____, nº: _____, bairro: _____, declaro ceder ao pesquisador _____, portador do documento de Identidade Nº: _____, bem como a Faculdade Horizontina (Fahor), sem quaisquer restrições quanto aos seus efeitos patrimoniais e financeiros, de maneira total e definitiva os direitos autorais do depoimento (entrevista), de caráter documental que prestei ao referido pesquisador em _____ de _____ de 201____. O referido pesquisador ficará com a custódia desta entrevista, podendo divulgar dados contidos nelas em eventos acadêmico, via oral ou registro escrito. Cabe ressaltar que esses dados estarão condicionados à utilização da apresentação apenas das iniciais do nome do entrevistado, enquanto que o nome da empresa e a localização dessa será apresentado na íntegra conforme informações verídicas.

_____ / _____, _____ de _____ de 201____.

Assinatura do Entrevistado

Assinatura do Pesquisador