

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM AGRONEGÓCIOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

Adriano Adelcino Anselmi

**ADOÇÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO
NO RIO GRANDE DO SUL**

PORTO ALEGRE

2012

Adriano Adelcino Anselmi

**ADOÇÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO
NO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronegócios.

Orientador: Prof. Luiz Carlos Federizzi

PORTO ALEGRE

2012

CIP - Catalogação na Publicação

Anselmi, Adriano Adelcino
Adoção da agricultura de precisão no Rio Grande do
Sul / Adriano Adelcino Anselmi. -- 2012.
104 f.

Orientador: Luiz Carlos Federizzi .

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas em
Agronegócios, Programa de Pós-Graduação em Agronegócios,
Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. Agricultura de Precisão. 2. Fatores de adoção.
3. Difusão da inovação. 4. Tecnologia na agricultura.
5. Agronegócio. I. Federizzi , Luiz Carlos, orient.
II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Adriano Adelcino Anselmi

**ADOÇÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO
NO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Agronegócios.

Aprovado em.....de.....de 2012.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Christian Bredemeier – UFRGS – PPG Fitotecnia

Prof. Dr. Homero Dewes – UFRGS – PPG Agronegócios

Prof. Dr. Jean Philippe Palma Revillion – UFRGS – PPG Agronegócios

Orientador – Prof. Dr. Luiz Carlos Federizzi – UFRGS – PPG Agronegócios

Dedico a conquista do título de mestre a meus pais, Irene Bissolotti Anselmi e Elói José Anselmi, aos quais devo todo amor e carinho, ao meu irmão querido, Rafael Anselmi e à minha amada Juliana.

AGRADECIMENTOS

Ao concluir mais essa etapa de uma vida de aprendizados, eu agradeço àqueles que estiveram ao meu lado e foram fundamentais para o êxito obtido. Muito obrigado!

A Deus, pelo seu amor incondicional e infindáveis ensinamentos.

Aos meus pais, Irene e Elói, a distância não impediu de sentir o carinho e a dedicação que tiveram para que eu pudesse concluir mais essa etapa.

Ao meu irmão Rafael, por todo o seu apoio e companheirismo.

À minha namorada Juliana Carlet, pelo seu carinho, companheirismo e por compreender a distância e suportar a saudade.

A todos meus demais familiares.

Ao Professor Luiz Carlos Federizzi, meu estimado orientador, obrigado pelo apoio e confiança. Sua experiência de vida trouxe-me além de ensinamentos técnicos, aprendizados que contribuíram sobremaneira para que este trabalho fosse concretizado.

Ao Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (CEPAN), que por meio do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios proporcionou-me o privilégio de vivenciar o aprendizado naquela que está entre as melhores instituições de ensino e pesquisa do Brasil, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, pela qualidade do ensino oferecido.

Aos professores Homero Dewes e Jean Philippe Palma Revillion, pelas contribuições recebidas na defesa do projeto de dissertação.

Ao Professor Christian Bredemeier, por compartilhar seu conhecimento sobre a agricultura de precisão e não ter medido esforços para auxiliar na construção desse trabalho.

Às empresas de máquinas e equipamentos agrícolas, prestadores de serviços em agricultura de precisão e pesquisadores que contribuíram com informações importantes para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Em especial, agradeço aos produtores rurais que participaram da pesquisa, sem os quais não teria sido possível a realização desse estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio oferecido através da bolsa de mestrado.

Aos meus queridos amigos e colegas de caminhada do CEPAN, pelos excelentes momentos vividos, trocas de experiências e colaborações recebidas. Especialmente agradeço ao Vitor pelo seu companheirismo e seus ensinamentos, à Maria Isabel por ser incansável em

ajudar e ao Carlos pelo seu exemplo de determinação. Essas amizades trouxeram-me as maiores lições apreendidas nesses dois anos de convivência.

Aos meus colegas de morada, Daniel Fernando Kolling e Dieisson Pivoto, pela paciência, pelos momentos de reflexão, alegrias e dificuldades que juntos passamos. “Eu acho que é o fim da etapa!”

Por fim, àqueles amigos que não citei, mas estiveram presentes, cada um de sua maneira e também contribuíram para este trabalho, agradeço.

RESUMO

O Brasil tem posição de destaque na produção agrícola mundial. A adoção de tecnologias que permitam preservar os recursos naturais e produzir alimento em quantidade e com qualidade é importante para o desenvolvimento do agronegócio. Dentre as tecnologias, destaca-se a Agricultura de Precisão – AP. O objetivo deste trabalho foi investigar a adoção da AP e os fatores relacionados a tal decisão dos produtores rurais no estado do Rio Grande do Sul. Com este propósito, foram coletados dados através do envio de questionário para produtores rurais usuários da AP. A análise descritiva dos dados permitiu caracterizar os adotantes e a adoção das ferramentas de AP entre os produtores rurais, enquanto a análise fatorial seguida de regressão linear múltipla foram empregadas para verificar a percepção dos adotantes quanto aos atributos tecnológicos da AP. Os resultados mostram o crescimento da adoção da AP e que o tempo médio de adoção é de 4,3 anos. Os adotantes de AP possuem grau de escolaridade elevado, utilizam diversas fontes de informação, têm a renda predominantemente agrícola e cultivam grandes áreas de terra. As ferramentas de AP mais adotadas no cultivo de grãos (soja, milho e trigo) são a amostra de solo georreferenciada (ASG), a aplicação em taxa variada de corretivos e fertilizantes (ATV) e o sistema de direcionamento de barra de luz (BLZ). Constatou-se que a adoção da AP é altamente dependente da terceirização de serviços de AP. O número de ferramentas de AP adotadas está positivamente associado ao tamanho da área cultivada, anos de experiência com AP, renda agrícola e investimento em AP. Os atributos tecnológicos da AP – vantagem relativa, visibilidade, compatibilidade e experimentação – determinam 48% da satisfação do adotante de AP, sendo o fator de maior potencial explicativo a vantagem relativa da tecnologia. Evidenciado o crescimento recente da adoção da AP entre os produtores rurais no Brasil, emergem oportunidades de pesquisas que venham a contribuir com a indústria e instituições de fomento na difusão da AP.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão. Difusão da Inovação. Tecnologia. Características dos Adotantes de AP. Fatores de adoção.

ABSTRACT

Brazil plays an important role in world agricultural production. The adoption of technologies which allow the increase of food production with improving quality in addition to natural resources conservation is important for agribusiness development, and Precision Agriculture – PA stands out as an option to aid the achievement of these goals. The aim of this work was to investigate the Adoption of PA, as well as the factors related to its adoption by farmers in Rio Grande do Sul, Brazil. With this purpose, an online survey was sent to PA adopters. Descriptive analysis allowed the characterization of the PA adopters and the identification of the most adopted PA tools, while factor analysis followed by multiple linear regression were used in order to verify users' perception regarding PA technology attributes. The results show a PA adoption growth and an average time of adoption of 4.3 years. PA adopters have a high level of formal education, use several sources of information, have a predominantly agricultural income and cultivate large areas. The most adopted PA tools used for growing soybeans, maize and wheat are grid soil sampling, variable rate application and lightbar guidance. It was noted that PA adoption is highly dependent on PA services. The number of PA tools adopted is positive associated with the size of cultivated areas, years of PA use, agricultural income and investments in PA. PA technology attributes – relative advantage, observability, compatibility and trialability – determine 48% of the PA adopters' satisfaction, being relative advantage of technology the factor of greatest explicative potential. The recent growth of PA adoption by Brazilian farmers shows emerging opportunities for research development which may contribute with industry and government institutions on PF diffusion.

Keywords: Precision Farming. Innovation Diffusion. Technology. Adopters' Characteristics. Adoption Factors. Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo da agricultura de precisão	24
Figura 2 – Cinco estágios do processo decisório da inovação	33
Figura 3 – Variáveis determinantes da taxa de adoção da inovação	36
Figura 4 – Produtividade obtida ao longo do tempo com o uso de duas inovações de diferentes níveis de complexidade	39
Figura 5 – Descrição dos grupos de adotantes de inovação quanto ao estágio em que adotam a inovação ao longo do tempo	41
Figura 6 – Comportamento da difusão da inovação entre a população de adotantes ao longo do tempo	43
Figura 7 – Variáveis tecnológicas determinantes do processo de adoção da inovação.....	47
Figura 8 – Modelo analítico de pesquisa contendo os principais constructos e variáveis analisadas.....	48
Figura 9 – Distribuição da amostra de produtores rurais contemplados pela pesquisa entre os municípios do estado do Rio Grande do Sul	54
Figura 10 – Histograma da idade dos adotantes de AP.....	55
Figura 11 – Nível de escolaridade dos adotantes de AP.....	56
Figura 12 – Cursos de formação dos adotantes de AP	57
Figura 13 – Origem da renda dos adotantes de AP	57
Figura 14 – Classificação dos usuários de AP quanto à renda bruta da propriedade rural no ano de 2010.....	58
Figura 15 – Classificação dos usuários de AP por faixas de investimento em AP	58
Figura 16 – Fontes de informação sobre AP mais acessadas pelos produtores rurais.....	59
Figura 17 – Evolução da adoção da AP no período de 2001 a 2011	61
Figura 18 – Evolução da adoção das três principais ferramentas de AP difundidas no período de 2001 a 2011.....	62
Figura 19 – Percentual adotado de cada ferramenta de AP.....	64
Figura 20 – Perspectiva do adotante com relação ao uso da AP para os próximos dois anos..	66
Figura 21 – Equipamentos de AP que os produtores pretendem adquirir nos próximos dois anos.	66
Figura 22 – Percentual da adoção da AP via prestadores de serviços.....	67
Figura 23 – Área manejada com agricultura de precisão	68

Figura 24 – Estrutura fundiária apresentada pelos adotantes de AP comparativamente à estrutura fundiária do estado do Rio Grande do Sul.....	70
Figura 25 – Correlação entre o tamanho da propriedade e a área utilizada com AP.....	71
Figura 26 – Culturas manejadas com AP	71
Figura 27 – Valor médio das variáveis que representam os atributos tecnológicos.....	72
Figura 28 – Valores médios para percepção dos produtores rurais quanto aos fatores tecnológicos da AP	77
Figura 29 – Comparativo entre motivação e impacto da adoção da AP.....	83
Figura 30 – Problemas relacionados à adoção da AP.....	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estágios do processo decisório da inovação.....	34
Quadro 2 – Os cinco grupos de adotantes de tecnologia.....	42
Quadro 3 – Ferramentas de AP consideradas na pesquisa, siglas e descrições.....	49
Quadro 4 – Descrição das variáveis que representam os atributos tecnológicos da AP	50
Quadro 5 – Evolução da adoção das diferentes ferramentas de agricultura de precisão.....	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definição da dimensão de análise dos atributos de uma inovação tecnológica	37
Tabela 2 – Faixas de interpretação dos coeficientes da análise de correlação	52
Tabela 3 – Correlações entre adoção e terceirização da amostragem de solo georreferenciada (ASG) e da aplicação em taxa variável de corretivos e fertilizantes (ATV)	68
Tabela 4 – Medidas de frequência do tamanho das áreas cultivadas com agricultura de precisão.....	69
Tabela 5 – Matriz de fatores tecnológicos da AP.....	73
Tabela 6 – Teste de Cronbach para os fatores extraídos pela análise fatorial.....	74
Tabela 7 – Resultados do modelo de regressão linear múltipla para os escores dos cinco fatores tecnológicos	75
Tabela 8 – Correlações entre variáveis.....	80
Tabela 9 – Teste de médias dos fatores tecnológicos para diferentes estratos.....	81
Tabela 10 – Teste de médias das características dos produtores rurais para diferentes estratos.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP – Agricultura de precisão

ASG – Amostragem de solo georreferenciada

ATV – Aplicação de corretivos e fertilizantes em taxa variável

BLZ – Barra de luz

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GNSS – Sistema de navegação global por satélite

GPS – Sistema de posicionamento global

ha – Hectares

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

KMO – Teste de *Kaiser-Meyer-Olkin*

MPC – Mapa de colheita

PAT – Piloto automático

RS – Rio Grande do Sul

RTK – *Real Time Kinematic*

SPD – Sistema de plantio direto na palha

SER – Sensoriamento remoto

STV – Semeadura em taxa variável

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	17
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
1.3 JUSTIFICATIVA	17
2 REFERENCIAL	20
2.1 O USO DA TERRA NA AGRICULTURA FRENTE ÀS NECESSIDADES	20
2.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO	22
2.3 ADOÇÃO DE TECNOLOGIA NA AGRICULTURA.....	25
2.4 INOVAÇÃO	29
2.4.1 Difusão da inovação	31
2.5 O PROCESSO DE DECISÃO DA INOVAÇÃO	32
2.5.1 Atributos determinantes da taxa de adoção	35
2.5.2 Categorização dos adotantes	40
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	45
3.1 TIPO DA PESQUISA	45
3.2 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA	45
3.3 TÉCNICA E COLETA DOS DADOS	46
3.4 MODELO ANALÍTICO DA PESQUISA	47
3.5 DESCRIÇÕES DAS VARIÁVEIS	49
3.6 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	51
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ADOTANTES DE AGRICULTURA DE PRECISÃO	54
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ADOÇÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	61
4.3 FATORES DE ADOÇÃO E DIFUSÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO	72
4.3.1 Atributos tecnológicos	72
4.3.2 Análise por estratos de adotantes	79
4.4 MOTIVAÇÃO, IMPACTOS E ENTRAVES DA ADOÇÃO DA AP	83
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ADOTANTES DE AP	97

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa posição de destaque no agronegócio mundial. Esta posição foi conquistada com o auxílio de programas de pesquisa e desenvolvimento, melhoramento genético de plantas, mecanização, incorporação de novos métodos e técnicas de cultivo, a exemplo do sistema de plantio direto – SPD e mais recentemente a agricultura de precisão – AP. No entanto, cresce a necessidade de produzir alimentos para suprir as demandas da crescente população mundial, aliando rendimentos econômicos superiores e preservação do ambiente.

A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OECD (1997) considera o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias fundamentais para o aumento da produção e incremento na produtividade. Suprir essas necessidades passa pelo processo de inovação no agronegócio.

A agricultura de precisão, considerada neste trabalho como inovação, é um conjunto de ferramentas aplicadas à agricultura que possibilitam fazer a gestão da produção agrícola, contemplando a variabilidade espacial e temporal dos campos de cultivos, para incrementar a produção, melhorar o retorno econômico e reduzir os impactos ambientais (SWINTON; LOWENBERG-DEBOER, 1998; MOLIN 2001, BLACKMORE *et al.*, 2003).

Essas tecnologias têm sido adotadas de forma mais intensa em países europeus e na América do Norte - sobretudo Alemanha, Dinamarca, Reino Unido, Estados Unidos e Canadá - e vem ganhando importância no agronegócio brasileiro. As principais ferramentas empregadas para AP são o Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS)¹, através do qual é possível obter informações de latitude, longitude e altura, permitindo a localização geográfica de qualquer ponto no globo terrestre; o mapa de colheita ou mapa de produtividade (MPC), através do qual é possível obter informação da produtividade da cultura em cada ponto específico da área de cultivo; a amostra de solo georreferenciada (ASG), que permite o mapeamento dos atributos de solo, a exemplo dos níveis de fertilidade em cada ponto da área de cultivo; a aplicação em taxa variável de corretivos de solo e ou fertilizantes (ATV), que corresponde ao tratamento específico para cada ponto da lavoura, variando as doses de insumos a serem aplicadas de acordo com a necessidade de cada ponto ou zona de manejo; a semeadura em taxa variável (STV), que permite variar o número de sementes de acordo com

¹O Sistema de Navegação Global por Satélite – GNSS é composto por diversos sistemas de navegação: o sistema de navegação GPS, pertencentes aos Estados Unidos da América, o sistema GLONASS, pertencente à Rússia, e outros sistemas como o Galileo (União Europeia) e Compass (China).

o potencial produtivo de cada local dentro da área de cultivo, o que se reflete no número variável de plantas por unidade de área.

Além destas, também são empregadas tecnologias para direcionamento das máquinas agrícolas, como a barra de luz (BLZ) e o piloto automático (PAT). Através destas tecnologias que utilizam orientação via satélite é possível aumentar o rendimento das operações de cultivo, permite o trabalho noturno, a redução das perdas com a diminuição da sobreposição de passadas e da compactação, além reduzir a fadiga do operador. Destacam-se também as tecnologias de sensoriamento remoto (SER), que consistem na obtenção de informações sem o contato direto com o alvo, a exemplo das imagens de satélite, fotografias aéreas e sensores para mensuração dos índices de reflectância das plantas, entre diversas outras tecnologias.

Mesmo com a diversidade de ferramentas de AP acima citadas e as vantagens da sua utilização, a AP vem sendo difundida mais lentamente do que se previa (SWINTON; LOWENBERG-DEBOER, 1998; McBRATNEY *et al.*, 2005). Nesse sentido, é necessário pesquisar os aspectos envolvidos na adoção e difusão dessa nova tecnologia.

Destarte, a teoria da difusão da inovação é utilizada nessa pesquisa por oferecer elementos que permitem entender o processo de difusão da AP, do qual o processo decisório da inovação é a parte central. O processo decisório da inovação compreende cinco fases: conhecimento, persuasão, decisão, implementação e confirmação. O trabalho foi conduzido com base na decisão do produtor rural de adotar a AP e nos fatores relacionados à essa fase do processo decisório da inovação. Segundo Rogers (2003), criador da teoria da difusão da inovação, os atributos tecnológicos que compõem a fase de persuasão – vantagem relativa, compatibilidade, facilidade de uso, visibilidade e experimentação – são responsáveis por 49% a 87% da variação nas taxas de adoção de uma inovação. A fase de conhecimento, qual tem menor influência sobre a fase de adoção da AP, está associada a características socioeconômicas dos produtores rurais. Entre as características dos produtores contempladas pela pesquisa destaca-se, idade, escolaridade, tamanho de área cultivada, fontes de informação, localização da propriedade, fontes de renda, volume de renda e satisfação.

Os atributos tecnológicos da AP e as características dos adotantes são os dois constructos principais de análise. Além desses, são analisados os problemas, motivos e impactos da AP, os quais também estão relacionados à adoção dessa tecnologia.

Em suma, a pesquisa teve como propósito, investigar a adoção da AP e os fatores que levam os produtores rurais do estado do Rio Grande do Sul a tomar tal decisão. Para tanto, caracterizou-se os produtores rurais e a adoção das ferramentas de AP. Em seguida, verificou-

se a percepção dos adotantes quanto aos atributos tecnológicos da AP, bem como, investigou-se associações entre os fatores tecnológicos e socioeconômicos relacionado à adoção.

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos: introdução, referencial, metodologia, resultados e discussões, e considerações finais.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais os fatores que contribuem para a decisão dos produtores rurais de adotar a AP?

Quais as características dos adotantes da agricultura de precisão?

Qual a percepção que o produtor rural tem dos atributos tecnológicos da AP?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Investigar a adoção da agricultura de precisão e os fatores que levam produtores rurais do Rio Grande do Sul a tomar tal decisão.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Caracterizar os adotantes da agricultura de precisão.
- b) Identificar as tecnologias de agricultura de precisão mais adotadas pelos produtores rurais.
- c) Verificar a percepção dos adotantes sobre os fatores tecnológicos relacionados à adoção da AP.
- d) Identificar relações entre fatores tecnológicos e características dos adotantes de agricultura de precisão.

1.3 JUSTIFICATIVA

Historicamente, as inovações são desenvolvidas com o propósito de resolver um problema ou suprir necessidades. A Organização das Nações Unidas – ONU (2011) divulgou em seu relatório que a população mundial alcançou a marca de sete bilhões no ano de 2011 e espera-se crescimento populacional de mais um bilhão até o ano 2023. Segundo Malthus

(1798), as guerras e a falta de alimentos regulariam o crescimento populacional. No entanto, observa-se que as inovações tecnológicas podem suprir gargalos produtivos, o que vai ao encontro da afirmação de Boserup (2005), de que as inovações tecnológicas contribuem para a produção agrícola que dá suporte ao crescimento populacional, ou seja, “a necessidade é a mãe da inovação”.

Além da necessidade de atender a crescente demanda mundial por alimentos, outros aspectos estão vinculados ao agronegócio e especificamente à produção agrícola, tais como o uso adequado da água e da terra, o aquecimento global, a emissão de gases do efeito estufa, os modelos alimentares, a saúde humana.

A adoção de tecnologias inovadoras que permitam fazer da agricultura uma atividade produtiva sustentável, capaz de preservar os recursos naturais e produzir alimentos em quantidade e com qualidade para sustentar a crescente população mundial, se estabelece como condicionante para o desenvolvimento econômico e social.

Assim, a agricultura de precisão se insere nesse cenário de demandas como um conjunto de ferramentas que permite aprimorar o gerenciamento espacial e temporal da atividade agrícola e dos recursos naturais, com base na obtenção de um conjunto de informações sítio - específicas que reduzem as incertezas na tomada de decisão.

A adoção da AP vem sendo pesquisada em países como EUA, Canadá, Alemanha, Dinamarca, entre outros países. No Brasil, essa tecnologia também está em evidência e, conseqüentemente, os produtores rurais têm adotado a AP para obter melhores resultados no processo produtivo. No entanto, pouco se sabe sobre a dinâmica do processo de adoção da AP no Brasil.

Outro aspecto a ser destacado é aumento das publicações e citações nos últimos anos, com os termos “*diffusion and innovation*” e “*precision agriculture*”. Isso reforça a importância do assunto no cenário mundial e configuram uma crescente demanda a ser suprida por pesquisas que contemplem o tema. Além do mais, os esforços das pesquisas têm se concentrado nos aspectos técnicos da aplicação das ferramentas de AP e pouco tem sido feito para entender a adoção e os condicionantes de tal atitude. Lowenberg-DeBoer, (1996) enfatiza que, enquanto há um grande número de pesquisas agrônômicas e econômicas relacionadas à AP as pesquisas relacionadas à adoção de AP não têm acompanhado esta evolução.

Quanto ao local da pesquisa, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja e o terceiro maior produtor de milho sendo um dos países responsáveis por suprir a demanda mundial de alimentos (FAO, 2011). O estado do Rio Grande do Sul – RS, por sua vez, tem

destaque nacional na produção de grãos (soja, milho, trigo, arroz, aveia) e é onde foi iniciado o cultivo da cultura da soja em escala comercial, até 1965 foi responsável por 90% do total da produção nacional de soja (COSTA, 1996). Ademais, destaca-se que, o RS concentra 46,1% do total da produção nacional de máquinas agrícolas (ANFAVEA, 2011) e que essa indústria está diretamente envolvida no desenvolvimento de tecnologias para a aplicação da AP.

Devido à importância do Brasil no Agronegócio mundial e ao destaque nacional do RS entre os principais produtores de grãos e como estado de vanguarda na produção e adoção de novas tecnologias, analisar a adoção da AP por produtores rurais no RS constitui-se um estudo pertinente.

Na sequência, está apresentado o capítulo com o referencial utilizado na pesquisa.

2 REFERENCIAL

Neste capítulo, serão apresentados os elementos que proveram suporte para a elaboração do estudo e para as análises e interpretação dos dados obtidos. A fundamentação teórica da pesquisa contempla as bases da inovação e difusão da inovação, com vistas a investigar fatores que influenciam a adoção da AP. Também está contemplado o referencial bibliográfico específico da AP. O capítulo está subdividido em cinco seções. A seção inicial trata do uso da terra na agricultura frente às necessidades, a seção seguinte aborda o tema da agricultura de precisão, a terceira seção se refere à adoção da inovação na agricultura, a quarta seção trata de Inovação e na última seção do capítulo é tratado do processo decisório da inovação.

2.1 O USO DA TERRA NA AGRICULTURA FRENTE ÀS NECESSIDADES

Em seu ensaio sobre a população no ano de 1798, Thomas Robert Malthus² transmitiu de forma singular a luta pela existência das espécies. Neste ensaio, ele levanta a polêmica de que a humanidade deveria lutar pelos recursos alimentares disponíveis em busca de sua sobrevivência. A tese malthusiana postulava que a população cresceria à taxa superior comparada à produção de alimentos e aos meios de subsistência, o que conduziria ao fim inevitável do homem de pobreza generalizada. Em resumo, a população tenderia a aumentar em progressão geométrica, enquanto que a produção de alimentos cresceria a uma progressão aritmética (MALTHUS, 1798). Quanto maior fosse a desproporção entre o crescimento da população e da produção de alimentos, mais intensas seriam a miséria e a fome seguidas de pestes, epidemias e guerras, o que seria uma maneira natural de frear o crescimento populacional e encontrar o equilíbrio no ambiente.

Um dos fatores não considerados por Malthus foi a inovação tecnológica ou a força criativa dos povos. A possibilidade de surgirem inovações, porém, não passou despercebida aos olhos de Ester Boserup³ em 1965. Ela afirmou que, a partir de uma necessidade, o homem

² Thomas Robert Malthus (1766-1834), considerado como o pai da demografia, tornou-se renomado por seu ensaio sobre a população (1798), entre outras obras, onde deixa expresso seu pessimismo quanto à possibilidade de harmonia entre os povos em vida.

³ Ester Boserup (1910-1999), economista e escritora dinamarquesa. Passou muitos anos pesquisando os problemas do desenvolvimento econômico e da agricultura para as Nações Unidas e atuou como consultora econômica de outras corporações internacionais. Dos seus livros, o mais notável foi publicado em 1965: *The Conditions of Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change under Population Pressure*.

desenvolve tecnologias inovadoras, novos meios, novas formas de produzir alimento e solucionar seus problemas, ou seja, “a necessidade é mãe da inovação” (BOSERUP, 2005).

De outro lado, Hayami e Ruttan (1988) verificaram empiricamente a teoria das inovações induzidas, onde o surgimento de inovações está diretamente ligado à condição de desenvolvimento econômico, ou seja, inovações surgem em resposta à escassez de oportunidades econômicas. Por exemplo, técnicas ambientalmente corretas comumente estão ligadas à imposição de regulamentação ambiental rigorosa, sob pena de multa. Irrigação por gotejamento e outras formas de poupar água são muitas vezes desenvolvidas em locais onde existem restrições de água, como em Israel e no deserto da Califórnia. Da mesma forma, a escassez de alimentos ou preços elevados das commodities agrícolas, provavelmente, leva à introdução de uma nova variedade de alto rendimento (HAYAMI; RUTTAN 1988).

O trabalho de Boserup (2005) sobre a evolução dos sistemas agrícolas suporta a hipótese de indução à inovação quando o aumento da população levou à evolução dos sistemas agrícolas. Em regiões tropicais onde a densidade populacional ainda era relativamente pequena a base era sistemas extensivos. A transição para uma agricultura mais intensiva como a implementação da rotação de culturas e adubação ocorreu enquanto a densidade populacional aumentava. Já a necessidade de superar doenças para melhorar o rendimento levou ao desenvolvimento de inovações no controle de moléstias, ao melhoramento vegetal e à evolução nos sistemas agrícolas que estamos familiarizados.

Corroborando com Boserup, Hayami e Ruttan (1988) também argumentam que quando são impostas restrições pela escassez de recursos, as inovações abrem rotas alternativas para dar continuidade ao crescimento econômico. As dificuldades são superadas pelo progresso técnico, o qual permite a substituição de fatores relativamente escassos por fatores abundantes.

Especialmente na agricultura, os avanços tecnológicos têm alterado constantemente a trajetória dos povos. Um exemplo a ser citado é a introdução de técnicas mais refinadas de cultivo e fertilização do solo, bem como as descobertas de adubos químicos e de grãos híbridos, que permitiram o crescimento da produtividade agrícola. Nota-se que a inovação tecnológica na agricultura tem um importante papel na transformação da produção em direção

à agricultura sustentável⁴ e promete proporcionar, além de conservação ambiental, um sistema economicamente rentável e mais produtivo.

Cabe considerar, a necessidade de estabelecer mecanismos de controle por parte da sociedade (legislação, políticas de financiamento e outros regulamentos econômicos) que estimulem os usuários da terra para uso sustentável dessa, incluindo a gestão de nutrientes com precisão, e assegurem, simultaneamente, a produção agropecuária racional, um ambiente agradável e um futuro promissor ao planeta (VARALLYAY, 1994).

As ferramentas de AP foram associadas ao conceito de sustentabilidade desde a primeira vez em que o Sistema GPS⁵ (*Global Positioning System*) foi utilizado em equipamentos agrícolas, onde se vislumbrou os potenciais benefícios a serem gerados ao ambiente a partir da gestão sitio-específica dos campos (BONGIOVANNI; LOWENBERG-DEBOER, 2004). Assim, tecnologias que permitem otimizar o uso dos recursos ambientais e o incrementar no lucro vêm sendo adotadas nas propriedades visando à sustentabilidade da atividade agrícola (HART; MILSTEIN, 1999; TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002).

A AP se insere nesse contexto com a promessa de aumentar o rendimento produtivo e econômico, otimizar o uso de insumos, reduzir custos e preservar o ambiente, tornando a atividade agrícola sustentável (MOLIN, 2001).

2.2 AGRICULTURA DE PRECISÃO

Agricultura de precisão ou manejo sítio-específico das culturas, do inglês *site-specific crop management*, pode ser definida como a gestão da variabilidade espacial e temporal, a nível de campo, para melhorar o retorno econômico e reduzir os impactos ambientais (BLACKMORE *et al.*, 2003).

O termo surgiu nos países europeus e posteriormente nos Estados Unidos da América como *Precision Farming* ou *Precision Agriculture*, traduzido para o português como Agricultura de Precisão. Estes termos foram utilizados para definir o sistema que veio resgatar a capacidade de conhecer cada metro quadrado da lavoura, detalhes que foram perdidos à

⁴ Agricultura sustentável é um sistema integrado de práticas de produção animal e vegetal com gestão sítio-específica que, ao longo prazo, satisfaça a alimentação humana e as necessidades de fibras; melhore a qualidade ambiental e dos recursos naturais dos quais depende a economia agrícola; torne mais eficiente o uso de recursos não renováveis; assegure a viabilidade econômica das operações de exploração e melhore a qualidade de vida dos agricultores e da sociedade como um todo (ESTADOS UNIDOS, 1990).

⁵ O GPS é um sistema que permite determinar posições geográficas expressa em latitude, longitude e altura em função das coordenadas cartesianas X, Y e Z em relação ao centro de massa da Terra.

medida que as áreas cultivadas foram crescendo (MOLIN, 2001). A inviabilidade de tratar especificamente cada local da lavoura, antes da AP, fez da agricultura uma atividade baseada em valores médios, ou seja, a partir de uma amostragem reduzida e pouco representativa da área as decisões são tomadas e as recomendações de intervenção são feitas com base em valores médios, padronizados para toda a área, como se essa fosse homogênea.

Os recentes avanços em tecnologias de informação e em telecomunicações têm permitido aos agricultores adquirir grandes quantidades de dados sítio-específicos, com o objetivo último de reduzir a incerteza na tomada de decisões (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1997; BLACKMORE, 2000). Nesse caso, com as ferramentas de AP é possível coletar um maior número de informações por unidade de área gerenciando-as para identificar e tratar a variabilidade da área em questão de forma sítio-específica. Desde então, essas informações contribuem no processo de tomada de decisão e intervenção (MOLIN, 2004).

Outra maneira genérica de descrever a AP é abordada por McBratney *et al.*, (2005), como sendo a maneira de fazer agricultura com mais decisões corretas por unidade de área terra e tempo, incorporando lucratividade. Essa definição envolve os elementos de tempo, espaço e lucratividade à implementação da AP, tais como melhorias nas operações de manejo do solo e das culturas, na qualidade do produto, na conservação do meio ambiente e no rendimento por área, ao invés de restringir apenas a espacialização da informação (McBRATNEY *et al.*, 2005).

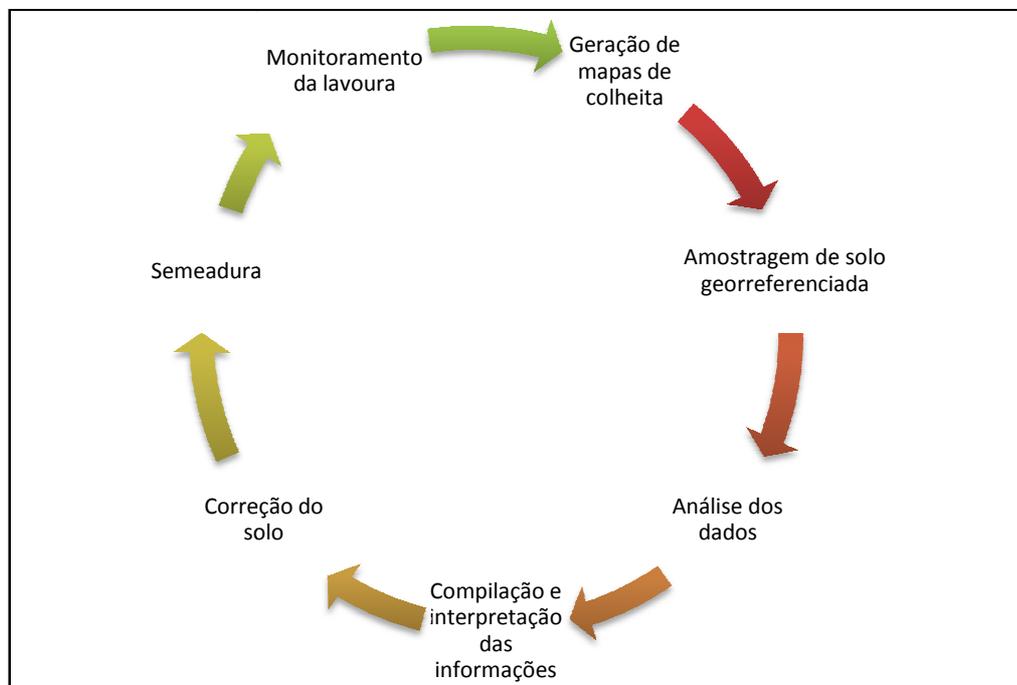
A AP compreende um conjunto de ferramentas que combina sensores, sistemas de informação, máquinas adaptadas e gestão de conhecimento para otimizar a produção e minimizar a variabilidade e a incerteza em sistemas agrícolas. Assim, proporciona meios para controlar a cadeia de produção alimentar e gerenciar a quantidade e a qualidade dos produtos agrícolas (GEBBERS E ADAMCHUK, 2010). Através do monitoramento da cadeia de produção e comercialização, permite a rastreabilidade de campo para a produção de alimentos seguros, que é, cada vez mais, uma exigência dos consumidores (REETZ, 2010). Por ter adquirido conotação de “estratégia de gestão holística” (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1997), requer-se a multidisciplinaridade de conhecimento para o emprego adequado do sistema de AP.

O tratamento localizado ou sítio-específico só pôde ser operacionalizado em grande escala graças à incorporação à agricultura do Sistema de Posicionamento Global (GPS), por volta de 1990. Esse foi, sem dúvida, o maior impulso para a difusão da AP. A primeira aplicação da tecnologia GPS na agricultura brasileira foi para a aviação agrícola, por volta de 1995. O dispositivo popularmente conhecido como “barra de luz” foi o precursor, aplicado

para orientar a pulverização aérea, posteriormente, foi aplicado à pulverização terrestre. Hoje, é utilizado para orientar o deslocamento das máquinas em diversas outras operações (MAPA, 2011).

A AP é aplicada em diversas etapas do cultivo através das diferentes ferramentas disponíveis. Assim, a complementaridade entre as ferramentas sugere um ciclo de adoção. Molin (2001) representou sucintamente o ciclo da AP (Figura 1), o qual inicia pela geração dos mapas de colheita, passa por análises de solo em grade, interpretação de dados, aplicação de insumos a taxa variada e o monitoramento da lavoura.

Figura 1 – Ciclo da agricultura de precisão



Fonte. Adaptado de Molin, 2004.

No que se refere aos benefícios econômicos e os custos associados à AP, esses não são fáceis de serem mensurados (LOWENBERG-DEBOER, 1999). A viabilidade econômica está atrelada a uma série de variáveis de difícil controle, tais como a variabilidade dos campos, diferentes condições naturais, distintas situações de produção, diferentes metodologias de análises econômicas e dificuldades em mensurar os benefícios da tecnologia e da melhoria proteção ambiental. Por isso, é necessário não focar apenas nos custos adicionais provenientes da adoção, mas nos benefícios que ela pode trazer. Espera-se então que, no balanço final, os benefícios superem os custos (ROBERT, 2002). Esses benefícios são mais facilmente

observado quando as ferramentas são empregadas em cultivos de alto valor agregado (SWINTON; LOWENBERG-DEBOER, 1998).

Cabe salientar que estas ferramentas modernas não são apenas economicamente vantajosas, mas também contribuem significativamente para reduzir os *footprints* ou as “pegadas ambientais”⁶ dos sistemas de produção agrícola (REETZ, 2010).

A seguir, são citados alguns autores que conduziram pesquisas aplicadas no campo do agronegócio e que contemplam a adoção e difusão de inovações na agricultura.

2.3 ADOÇÃO DE TECNOLOGIA NA AGRICULTURA

Os estudos em torno da teoria da difusão de inovação não são recentes. Considerando as pesquisas de Rogers, em 1962, de Dosi, 1988 e Cassiolato, 1994, o processo de difusão tecnológica não se limita à indústria, sendo realizado em diversas áreas, inclusive na agricultura e serviços. Rogers (2003), em sua obra “*Difusion of innovation*”, cita diversas aplicabilidades da difusão da inovação e aponta para o Agronegócio como objeto de várias publicações sobre inovação e difusão tecnológica desde o início da discussão acerca do tema. O mesmo autor destaca o artigo seminal de Ryan e Gross sobre difusão de sementes de milho híbrido entre os produtores no estado de Iowa, EUA, publicado em 1943, o qual foi um paradigma revolucionário em pesquisa de inovação tecnológica.

Acreditou-se, até o final de 1950, que o atraso no desenvolvimento agrícola das nações de baixa renda ocorrera devido ao uso ineficiente da tecnologia disponível. Tal suposição ganhou força quando comparadas as produtividades dos países mais desenvolvidos com menos desenvolvidos. De acordo com o “modelo de difusão” empregado, os países menos desenvolvidos poderiam obter ganhos elevados na produtividade agrícola se adotassem as modernas tecnologias disponíveis nos países desenvolvidos, promovendo a modernização das fazendas tradicionais e a aceleração das taxas de crescimento da produção agrícola. No entanto, os esforços em prol do desenvolvimento agrícola fracassaram, pois a tecnologia agrícola moderna que estava sendo transferida foi desenvolvida para o contexto edafoclimático⁷ dos países da zona temperada, ou seja, contexto com necessidades diferentes daquelas onde se desejava introduzir a tecnologia (HAYAMI; RUTTAN, 1988).

⁶ Pegada ambiental refere-se aos impactos ambientais causado por uma atividade.

⁷ Refere-se às características de solo e clima, tais como, temperatura, umidade do ar, precipitação pluvial, relevo, tipo de solo.

A partir de 1960, Schultz revelou outra razão pelo atraso na adoção de tecnologia observado na agricultura dos países subdesenvolvidos. Segundo ele, o atraso não se devia a fatores culturais, mas sim à falta de oportunidades de investimentos rentáveis (SCHULTZ, 1965).

Embora sejam apresentados outros fatores que interferem para a adoção de uma inovação, o fator econômico e o conhecimento que o adotante possui são de fundamental importância e têm destaque na literatura. Para Schultz (1965), a transformação de um setor agrícola tradicional em uma fonte produtiva de crescimento econômico pré-supunha dois fatores chave: a) o investimento em novos fatores de produção (insumos e máquinas) e b) o nível educacional das pessoas ligadas à atividade agrícola. Não obstante, investimento e nível educacional são variáveis recorrentes observadas nos estudos de adoção e difusão.

Como qualquer outro processo que exige uma mudança de mentalidade, os resultados da difusão aparecem lentamente e muitas vezes são difíceis de serem mensurados (DOSI; NELSON, 1994; MIELNICZUK, 1999). No caso da difusão do plantio direto, desde 1970 até 1993, mais de vinte anos, não houve expansão significativa das áreas cultivadas com o plantio direto. O tempo decorrido desde o início do processo até a sua verdadeira alavancagem é devido ao fato de que todas as incursões iniciais foram isoladas e independentes umas das outras, devido a alguns fatores como, o desenvolvimento de equipamentos e a capacitação técnica dos usuários. A partir do momento em que foram desenvolvidas parcerias para pesquisa e desenvolvimento e de quando o Plantio Direto passou a ser tratado como um sistema de práticas integradas, desencadeou-se uma série de ações de expansão qualitativa e quantitativa do Sistema Plantio Direto na Palha (SPD) (FARIAS; FERREIRA, 2000). Hoff *et al.* (2006) reforçam a idéia de que o sucesso na adoção de uma tecnologia complexa é alcançado através da formação contínua e sistemática dos adotantes ao longo dos anos, criando assim um processo evolutivo da construção do conhecimento.

A adoção da AP não depende apenas de razões econômicas, mas também da percepção das características tecnológicas (ADRIAN, 2006). Pesquisas recentes aplicadas à agricultura revelam uma diversidade de variáveis capazes de interferir na adoção de tecnologias.

Estudo desenvolvido no Brasil, com a indústria de cana-de-açúcar, aponta elevado percentual de adoção das ferramentas de AP e que a probabilidade de adotar tais ferramentas é maior em usinas de capital nacional, que fazem parte de um grupo empresarial com orientação exportadora, possuem gestão profissional e utilizam maior percentual de recursos próprios para investimentos. No caso da cana-de-açúcar no Brasil, o tamanho das áreas cultivadas pelas usinas não foram identificados como determinantes para a adoção das ferramentas de

AP por apresentar tamanho médio superior a 20 mil hectares, configurando uma constante com tamanho favorável à adoção na totalidade dos casos observados pela pesquisa (SILVA *et al.*, 2011). No entanto, outros estudos encontraram associação altamente positiva entre tamanho da área cultivada e a adoção da AP.. Daberkow e McBride (2003) e Adrian (2006) identificaram que a maioria das grandes propriedades rurais apresenta maiores índices de adoção de AP.

No estado do Alabama (EUA), utilizando-se da aplicação de questionários com produtores rurais e da análise de equações estruturais para identificar fatores que influenciam a adoção e uso da AP, Adrian (2006) concluiu que a transição para o estágio de adoção está relacionada ao peso das vantagens e desvantagens obtidas com a nova tecnologia, ou seja, se os produtores acreditam que as vantagens superam as desvantagens eles tomam atitude favorável à adoção da AP. A compatibilidade da tecnologia também teve influência direta na adoção, enquanto que a facilidade de uso e as convicções de capacidade do indivíduo contribuíram indiretamente, interferindo na adoção através da percepção das vantagens da tecnologia. O nível educacional, nesse caso, não foi observado como característica que afetou a adoção (ADRIAN, 2006).

Resultados de outra pesquisa no mesmo estado mostraram a existência de uma sequencia na adoção de ferramentas de AP, especialmente entre o uso de monitores de rendimento de grãos e a utilização do GPS para direcionamento das máquinas (WINSTEAD; SHANNON, 2010).

O monitoramento do rendimento através dos mapas de colheita foi identificado como a ferramenta de entrada para adoção da AP em propriedades produtoras de grãos nos Estados Unidos (LOWENBERG-DEBOER, 1999). De outro lado, pesquisa com a indústria sucroalcooleira brasileira mostrou que as ferramentas mais difundidas são imagens de satélite, piloto automático, fotografias aéreas, amostragem de solo georreferenciada e aplicação em taxa variada de corretivos e fertilizantes, nessa ordem (SILVA *et al.*, 2011).

Nos EUA, os municípios com maior probabilidade de adoção de, pelo menos, uma ferramenta de AP. apresentaram grande quantidade de áreas de terras cultivadas, grandes propriedades, poucos arrendatários e gestão praticada por agricultores com dedicação integral à atividade agrícola (ENGLISH *et al.*, 2000).

Seis pesquisas em diferentes países (EUA, Dinamarca e Reino Unido) mostraram que a falta de conhecimento agrônomo e habilidades técnicas são problemas chave para a adoção de práticas de AP. Além disso, a compatibilidade entre hardwares e softwares, bem como a facilidade de utilização e o consumo de tempo são graves impedimentos apontados

pelos agricultores para adoção da AP (FOUNTAS *et al.*, 2005). Os mesmos autores afirmam que os adotantes de AP tendem a pertencer a uma geração mais jovem e cultivam áreas maiores que a média dos agricultores. A idade média dos entrevistados dinamarqueses foi de 43 anos, enquanto que a idade média para os entrevistados norte americanos foi de 46 anos. Além disso, eles identificaram que a idade teve influência sobre a resposta para a suficiência de conhecimento técnico. Os mais jovens (20-29 anos) apresentaram menor proporção para a resposta que o conhecimento técnico insuficiente é um problema (17%), enquanto aqueles na faixa etária entre 50 e 59 anos (63%) consideraram o conhecimento técnico um problema. (FOUNTAS *et al.*, 2005).

Fountas *et al.* (2005) identificaram aspectos que refletem a complexidade da AP na interpretação dos dados. Comparando a interpretação de dados de rendimento com os anos praticados de AP, 74% dos entrevistados que responderam que os dados de rendimento são “muito fáceis” para serem interpretados tinham mais de cinco anos de uso de AP, enquanto que 52% daqueles que responderam ter alguma dificuldade na interpretação tinham dois anos de uso apenas.

As fontes de informação sobre a AP variam conforme o país. No Reino Unido, os agricultores adquirem informações sobre AP com seu agrônomo privado e fabricantes de máquinas. Na Dinamarca, os fabricantes de máquinas e conselheiros locais são as fontes de informação. Já nos EUA, as principais fontes são empresas de fertilizantes, outros agricultores e consultores locais (FOUNTAS *et al.*, 2005).

Especialistas em agronegócio e agricultores da região do Cinturão do Milho, nos Estado Unidos, apontaram com fontes de informação mais utilizadas, sobre a AP, a imprensa agrícola, pesquisadores e consultores (LOWENBERG-DEBOER e BOEHLJE, 1996). Destaca-se a pesquisa de Lowenberg-Deboer e Boehlje foi realizada via e-mail e possibilitou a análise da adoção da AP em grande escala.

Quanto às vantagens e desvantagens decorrentes da adoção da AP, foram observadas a economia de tempo devido à logística nos processos de manejo e colheita, a redução da sobreposição de passadas e redução da fadiga do operador devido ao uso do piloto-automático. Em outros momentos, porém, as desvantagens em relação ao manejo convencional são relacionadas à quantidade de temo despedido com a coleta de dados via amostragem de solo georreferenciada, com a análise dos dados, com o tempo gasto aprendendo os novos procedimentos de manejo, assistindo reuniões, cursos, etc. (FOUNTAS *et al.*, 2005).

Há indícios de que começa a criar-se uma percepção de valorização das terras mais homogêneas devido ao uso da AP para tratar da variabilidade dos campos, o que indica mais um incentivo para adoção dessas ferramentas (WINSTEAD & SHANNON, 2010).

Apesar de o indivíduo reconhecer as vantagens proporcionadas pela tecnologia e ter conhecimento suficiente sobre uma inovação agrícola pode ocorrer uma situação de impotência, em que o possível adotante, objetiva ou subjetivamente, se sinta incapaz de aproveitá-la ou sem poder de decidir sua adoção. Também mesmo quando o produtor conhece a inovação, julgou-a útil e apropriada para a sua empresa e é capaz de adotá-la, o processo pode terminar pela rejeição dessa inovação. Isso acontece simplesmente porque o possível adotante não quer fazê-lo, pois prefere permanecer como está. É mais cômodo, mais seguro, mais fácil e o indivíduo já está acostumado. Portanto, além de conhecimento, é necessário que o produtor tenha vontade de adotá-la e tenha poder para isso (PEIXOTO *et al.*, 2007).

Difundir a AP para além dos inovadores requer a melhoria na formação das pessoas que utilizam as ferramentas, o que pode ser alcançado com treinamentos e cursos de gestão. Também precisam ser feitas melhorias tecnológicas, tornando as ferramentas menos complexas e mais eficientes, para que o dispêndio de tempo com a aprendizagem e implementação seja menor (FOUNTAS *et al.*, 2005, MATTOSO; GARCIA, 2006). Outro desafio, talvez o principal para viabilizar o crescimento da adoção, é reduzir os custos de aquisição das máquinas e equipamentos, para que elas ofereçam maior rentabilidade e mais vantagens relativas (ROGERS, 2003; MATTOSO e GARCIA, 2006).

Para dar suporte teórico a esse estudo, que leva em consideração a AP como conjunto de ferramentas inovadoras aplicadas à agricultura, na próxima seção estão apresentados princípios básicos da teoria da inovação, bem como onde o processo de difusão se insere no contexto da inovação.

2.4 INOVAÇÃO

O termo inovação vem do latim *innovare*, que significa “fazer algo novo”. Não é raro deparar-se com alguma confusão sobre a definição do termo, uma vez que algumas pessoas entendem invenção por inovação. No entanto, esses dois termos têm significados diferentes.

Os estudos de Joseph Schumpeter influenciaram fortemente as teorias sobre inovação, e esta se estabelece como o ponto central da abordagem Schumpeteriana. Seu argumento é de que o desenvolvimento econômico é conduzido pela inovação por meio de um processo

dinâmico em que as novas tecnologias substituem as antigas. Esse processo é chamado “destruição criadora”.

Inovação pode ser considerada como 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 suprimentos ou a implantação de uma nova forma de organização (SCHUMPETER, 1982). O mesmo autor ainda distingue entre inovações “radicais”, que produzem rupturas intensas, e inovações “incrementais”, que dão continuidade ao processo de mudança

Inovação e tecnologia estão diretamente ligadas. Apesar disso, a inovação não implica necessariamente a criação, produção e comercialização de grandes avanços ou daquilo que é tido como o estado da arte em tecnologia (inovação radical). Na maioria das vezes, se refere a mudanças em pequena escala nas tecnologias já utilizadas atualmente, caracterizando uma melhoria, mudança gradativa ou inovação incremental (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2005).

Após o surgimento de uma nova tecnologia, se estabelece grande incerteza quanto à definição de quais das possíveis variantes deverão prevalecer e atrair mais recursos e esforços de melhoria, consolidando um *design* dominante. A partir da emergência de um *design* dominante, desaceleram-se as iniciativas de inovações radicais e o foco passa a ser as melhorias de produto e processo em nível incremental, aperfeiçoando o *design* já consagrado (ABERNATHY; UTTERBACK, 1978). Portanto, a decisão de inovar geralmente ocorre sob grande incerteza (ROSENBERG, 1994). Quanto mais radical a inovação for, maior a incerteza e o desconhecimento dos indivíduos a respeito da tecnologia, dificultando o processo de difusão da inovação (CASSIOLATO, 1994).

A inovação também pode ser definida como a capacidade de incorporar tecnologia diferenciada, satisfazendo as necessidades essenciais dos consumidores de forma mais eficiente que os outros produtos existentes (CHANDY; TELLIS, 1998). Na definição de Rogers (2003) a “inovação é uma idéia, prática ou objeto que é percebido como novo por um indivíduo ou outra unidade de adoção.”

Nota-se semelhança entre os conceitos de inovação quanto ao propósito de desenvolvimento para suprir necessidades ou problemas e também quanto ao pressuposto de ser percebida pelo adotante como algo novo. No entanto, outros aspectos ligados à inovação, entre eles a difusão da inovação e processo decisório da adoção, precisam ser entendidos para tratar da AP como uma inovação no agronegócio.

2.4.1 Difusão da inovação

A difusão de tecnologias está inserida nas teorias de inovação (OECD, 1997). Sua compreensão foi largamente influenciada por economistas, sociólogos e antropólogos desde 1890. No contexto da inovação (geração, exploração e difusão) existem três vertentes principais que tratam especificamente do processo de difusão da inovação: a vertente sociológica, a evolucionista e a econômica. A abordagem sociológica tem seu enfoque nos atributos da tecnologia e atributos dos indivíduos, onde o conjunto de atributos interfere na decisão de adotar ou não a inovação (ROGERS, 2003). A abordagem evolucionista (NELSON; WINTER, 1982) trata a inovação como um processo dependente de trajetória dos atores e fatores envolvidos no processo, por meio do qual o conhecimento e a tecnologia são desenvolvidos. A abordagem econômica, por sua vez, tende a focar em custos e benefícios da adoção de novas tecnologias (HAYAMI; RUTTAN, 1988).

Everett Rogers publicou o livro *“Diffusion of innovation”* em 1962, onde condensou mais de 508 estudos sobre difusão de inovação e construiu uma teoria para a difusão de inovações entre os indivíduos e organizações. Segundo a última revisão da sua obra, em 2003, a sociologia rural é responsável por 20% do total das produções científicas em *“Difusão da Inovação”*. Essa teoria abarca diversos conceitos para explicar como, por que, e em que taxa as novas tecnologias são propagadas.

A difusão da inovação é definida como o processo pelo qual uma inovação é comunicada através de determinados canais, durante um período de tempo, dentre os membros de um sistema social (ROGERS, 2003). Outra definição foi cunhada por Boudon e Bourricaud (2001), onde difusão é o processo pelo qual uma informação ou uma prática, a exemplo da utilização de uma nova técnica agrícola, se expandem em uma população. Assim, a adoção é parte principal do processo de difusão, contudo, este requer mais do que mera adoção (OECD, 1997).

A difusão também pode ser vista como o meio pelo qual as inovações se disseminam, através de canais de mercado a partir da primeira introdução para diferentes consumidores, países, regiões, setores, mercados e empresas (OECD, 1997). Rogers (2003) define difusão como o processo onde novas idéias são inventadas, difundidas e adotadas ou rejeitadas, produzindo conseqüências e mudanças sociais. Essa concepção vai ao encontro de que, sem difusão, uma inovação não tem impacto econômico (OECD, 1997).

Em comum entre os conceitos tem-se que difusão é um processo de comunicação da inovação, enquanto que a reação dos indivíduos à inovação pode ser compreendida como

sendo o comportamento de adoção. Assim, a adoção não acontece no vazio e está associada ao processo de difusão (KINNUNEN, 1996).

De fato, a adoção não só está inserida no processo de difusão, como é parte central do mesmo. Frente a esses conceitos, é utilizada a teoria da difusão da inovação para tratar de um processo decisório de adoção da inovação.

Em seguida, é apresentado como o processo decisório da inovação ocorre e quais fatores influenciam o comportamento de adoção.

2.5 O PROCESSO DE DECISÃO DA INOVAÇÃO

A adoção de uma inovação faz parte de um processo decisório complexo. Ao longo desse processo, o indivíduo ou outra unidade de tomada de decisão passa por diversas fases onde adquire o conhecimento inicial sobre a inovação, passa a adquirir uma postura em relação à inovação, decide por adotar ou rejeitar a inovação, passa a implementar a referida idéia até, finalmente, confirmar a decisão, consolidando a sua atitude (ROGERS, 2003). Para Macadar (1998), o indivíduo atravessa essas fases para tomar a melhor decisão em resposta a algum problema, alguma necessidade a ser satisfeita ou algum objetivo a ser alcançado, ou seja, configuram uma sequência de passos sucessivos que pode ser denominado de processo decisório.

O interesse do indivíduo por uma inovação inicia-se a partir de suas necessidades e raramente o mesmo se dispõe a ouvir sobre uma inovação, a menos que, primeiramente, tenha sentido a necessidade de algo novo (BOSERUP, 2005). Dada essa condição, mesmo que as pessoas sejam expostas à inovação, a comunicação surtirá poucos efeitos, a não ser que a inovação seja identificada como relevante pelo indivíduo e for compatível com os seus valores (HASSINGER, 1959). A partir de um problema ou necessidade, a inovação é recomendada como uma possível solução. Assim, os investimentos em inovação se justificam quando existe a necessidade de obter resultados mais satisfatórios (BOSERUP, 2005; ROGERS, 2003).

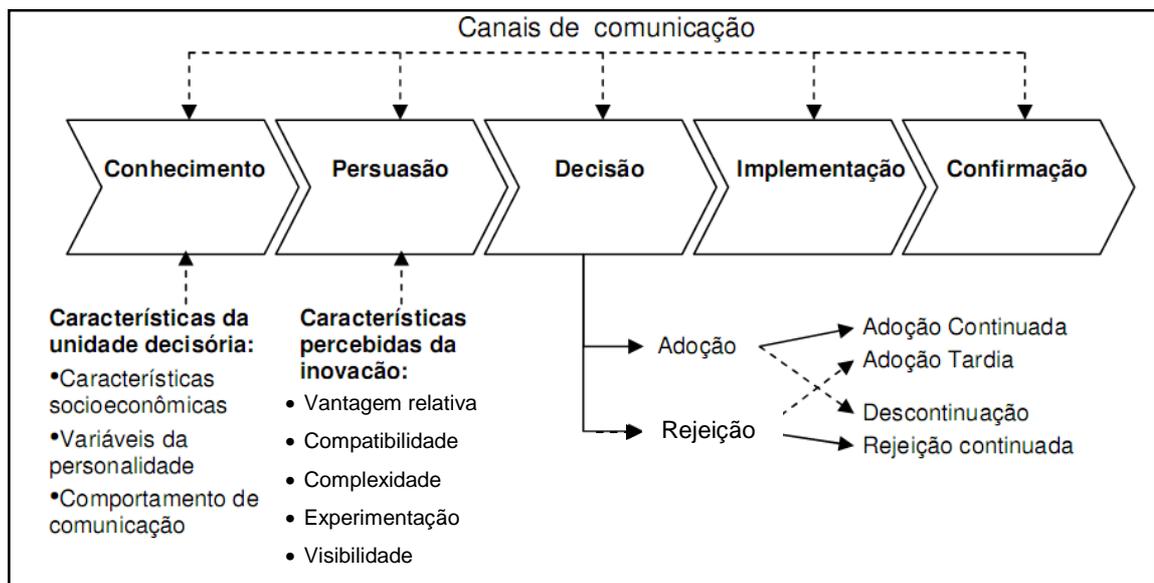
O processo de difusão requer mais do que mera adoção. Este consiste de uma série de escolhas e ações ao longo do tempo, através do qual um indivíduo ou um sistema avalia uma nova idéia e decide por incorporar, ou não, a inovação às atividades que vêm sendo desenvolvidas (OECD, 1997). Este comportamento consiste essencialmente em lidar com a incerteza inerente à decisão de adotar uma nova alternativa ao invés de usar idéias anteriormente existentes e consolidadas. São os aspectos da novidade percebida em uma

inovação e a incerteza associada que diferem a tomada de decisão da inovação de outros tipos de tomada de decisão (ROGERS, 2003).

A decisão sobre uma inovação não é uma ação instantânea ou impulsiva, pelo contrário, é um processo que ocorre ao longo do tempo e consiste de uma série de ações interligadas. Inicialmente, os produtores rurais tomam conhecimento da existência da nova idéia a partir de determinadas fontes ou canais de comunicação. Após, procuram mais informações (muitas vezes de fontes e canais diferentes), experimentam a nova idéia em pequena parcela da sua área de cultivo e, finalmente, anos mais tarde, adotam a inovação completamente (RYAN; GROSS 1943).

Com base nesses aspectos e nas etapas que atravessa a decisão por uma inovação, o modelo do Processo Decisório da Inovação está dividido em cinco estágios fundamentais ao longo de um período de tempo. Fazem parte do processo decisório as etapas de conhecimento, persuasão, decisão, implementação e confirmação (Figura 2) (ROGERS, 2003).

Figura 2 – Cinco estágios do processo decisório da inovação



Fonte. Rogers, 2003 p. 170.

O modelo teórico do processo decisório da inovação foi observado para investigar os fatores que determinam a adoção da tecnologia.

Deza (1995) também aborda alguns elementos que refletem sobre o processo de difusão da inovação: a) a continuidade da atividade inventiva que permite a melhoria da inovação, aumento do conhecimento científico e redução gradual nos custos da invenção ao longo do tempo; b) o aperfeiçoamento das invenções após a sua introdução no sistema

produtivo; c) o desenvolvimento das habilidades técnicas entre os usuários (aprendendo com o uso); d) desenvolvimento da habilidade em fabricar máquinas (aprender fazendo); e) grau de complementaridade entre as diferentes técnicas na atividade produtiva; f) o aperfeiçoamento da tecnologia antiga e dimensionamento do impacto no processo de substituição por novas tecnologias; g) o contexto institucional em que a difusão ocorre: social, institucional, econômico, entre outras variáveis podem acelerar ou atrasar o processo de difusão.

No processo decisório da inovação, o estágio da Decisão é definido como aquele onde o indivíduo opta por aceitar ou rejeitar a inovação (ROGERS, 2003). Nesse sentido, o indivíduo precisa obrigatoriamente passar pelos dois estágios iniciais (conhecimento e persuasão) para adquirir informação e formar sua opinião sobre a inovação. Antes dos estágios iniciais, conhecimento e persuasão, o indivíduo não tem subsídio para formar uma opinião sobre a inovação (Quadro 1).

Quadro 1 – Estágios do processo decisório da inovação

I. Conhecimento	Ocorre quando um indivíduo toma conhecimento da existência de uma inovação e adquire algum conhecimento sobre seu funcionamento.
II. Persuasão	Ocorre quando um indivíduo toma uma atitude favorável ou desfavorável diante da inovação.
III. Decisão	Ocorre quando um indivíduo pesa as vantagens e desvantagens no sentido de aceitar ou rejeitar a inovação.
IV. Implementação	Ocorre quando o indivíduo utiliza a inovação em grau variável.
V. Confirmação	O indivíduo reforça a decisão da escolha que foi tomada e pode usá-la em seu pleno potencial.

Fonte. Rogers, 2003.

O termo persuasão também pode ser relacionado às fontes de comunicação, que têm como propósito induzir uma mudança de atitude do receptor para este desejar a inovação. No entanto, Rogers (2003) trata da persuasão como equivalente à formação de opinião do indivíduo. Nesse estágio, o indivíduo está mais envolvido com a inovação, é onde a sua percepção tende a selecionar e interpretar as mensagens que lhe são disponibilizadas (ROGERS, 2003). Assim, esse estágio do processo de decisão da inovação é de relevante importância, ao determinar o comportamento dos indivíduos e criar opinião sobre a inovação.

A decisão pela inovação tem certo grau de incerteza. Para reduzi-la, o indivíduo busca informações sobre a tecnologia. Embora seja possível procurar por respostas técnicas e

científicas, frequentemente os indivíduos preferem buscar os vizinhos mais próximos, os quais têm uma resposta subjetiva acerca da inovação. Porém, são mais acessíveis e convincentes, por se basearem em suas próprias experiências a partir da adoção da inovação (ROGERS, 2003).

O principal resultado da fase de persuasão no processo de adoção da inovação é uma atitude favorável ou desfavorável para a inovação, que levará a mudança de comportamento traduzida em adoção ou rejeição da inovação (ROGERS, 2003). Essa atitude do indivíduo, que resulta na adoção ou rejeição da inovação, faz parte do processo de difusão da inovação e têm influência de estágios anteriores, conhecimento e persuasão, evidenciando a importância de compreender melhor as fases que levam à adoção.

Destacam-se como determinantes da adoção de inovações características da inovação e características relacionadas ao indivíduo. Segundo Rogers (2003), os atributos da inovação como vantagens relativas e compatibilidade, se configuram como os principais influenciadores no estágio de persuasão e no processo de difusão. Quanto às características dos indivíduos, os adotantes iniciais, comparativamente aos adotantes tardios, apresentam nível de escolaridade mais elevado e formal, maior exposição aos canais de comunicação em massa e interpessoal, maior contato com os agentes de mudanças, maior participação e dinâmica nas relações sociais, maior disponibilidade de capital e proximidade com outros adotantes (ROGERS, 2003).

Essas características são importantes influenciadores da adoção e da velocidade que os indivíduos percorrem o processo de difusão, especialmente os estágios iniciais da difusão de uma inovação (ROGERS, 2003; MARSH *et al.*, 2000).

2.5.1 Atributos determinantes da taxa de adoção

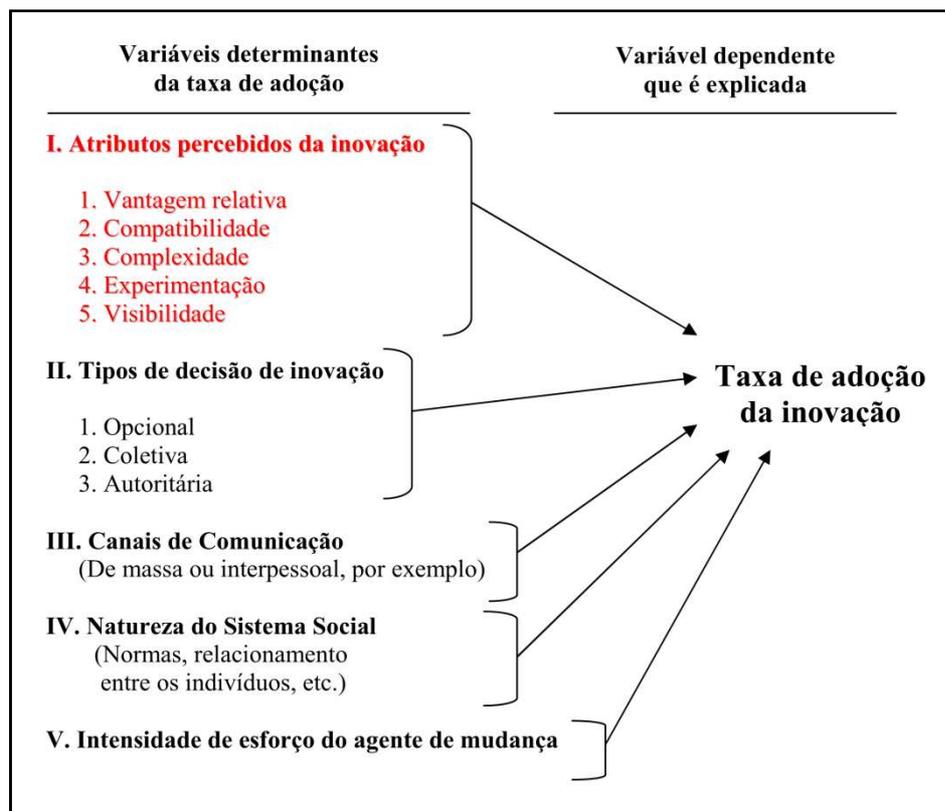
A taxa de adoção é definida como a velocidade relativa com que uma inovação é adotada pelos membros de um sistema social (ROGERS, 2003).

Ao longo dos anos, muitas pesquisas foram desenvolvidas para entender o processo de difusão. Algumas dão enfoque aos agentes e suas diferenças, determinando as características das categorias de adotantes, enquanto outras focam nas diferenças da inovação, onde são investigados os atributos de uma inovação e como estes afetam a taxa de adoção da mesma.

Os estudos de Rogers (2003) mostram que até 87% da variância na taxa de adoção de uma inovação podem ser explicados por apenas cinco atributos tecnológicos: vantagem relativa, compatibilidade, complexidade, experimentação e visibilidade. Além desses cinco

atributos, alguns outros fatores também exercem influência sob a taxa de adoção (Figura 3), como o tipo da tomada de decisão (se esta é feita de maneira opcional, coletiva ou autoritária), a natureza dos canais de comunicação nos vários estágios do processo de difusão, a natureza do sistema social em que a inovação é difundida e o grau que os agentes de mudança promovem esforços para a difusão da inovação (Figura 3).

Figura 3 – Variáveis determinantes da taxa de adoção da inovação



Fonte. Rogers, 2003 p. 222.

Os atributos tecnológicos foram identificados por Rogers (1962) e validados por Moore e Benbasat (1991). Para o melhor entendimento, faz-se necessário uma breve descrição e definição da dimensão de análise dos atributos de uma inovação tecnológica (Tabela 1).

A Vantagem relativa se reflete no o grau que a inovação é vista como uma idéia melhor ou vantajosa comparativamente à condição antecedente. Pode estar relacionada com incremento no lucro, baixos custos iniciais, prestígio social, conveniência, redução de esforços e economia de tempo, satisfação e retorno rápido (ROGERS, 2003).

Este fator é aquele que tem o maior potencial de relação positiva com a taxa de adoção. Por sua vez, a vantagem relativa pode ser medida pela relação entre os benefícios esperados e os custos da inovação (ROGERS, 2003).

Tabela 1 – Definição da dimensão de análise dos atributos de uma inovação tecnológica

Dimensão	Definição
Vantagem relativa (ROGERS, 2003; MOORE e BENBASAT, 1991)	O quanto a inovação é percebida como sendo melhor do que aquela que está substituindo.
Compatibilidade (ROGERS, 2003; MOORE, 1991)	O quanto a inovação é percebida como sendo consistente com os valores existentes, necessidades e experiências passadas dos adotantes.
Imagem (MOORE e BENBASAT 1991)	O quanto que o uso da inovação é percebido como positivo para a imagem ou status do indivíduo em seu sistema social.
Complexidade (ROGERS, 2003)	
Facilidade de uso (MOORE e BENBASAT 1991)	O quanto a inovação é percebida como sendo difícil de usar.
Experimentação (ROGERS, 2003; MOORE e BENBASAT 1991)	O quanto a inovação pode ser experimentada pelo adotante.
Visibilidade (ROGERS, 2003; MOORE e BENBASAT 1991)	O quanto é possível observar outros adotantes utilizando a inovação.
Demonstrabilidade de resultados (MOORE e BENBASAT 1991)	O quanto os resultados do uso da inovação são tangíveis e fáceis de serem comunicados e observados.

Fonte. Elaborado pelo autor.

A inovação que tem impacto econômico direto e positivo para o adotante, por consequência, envolve menos riscos, menos incertezas e é mais rapidamente adotada. Por outro lado, os custos iniciais para adoção da referida inovação podem afetar negativamente a taxa de adoção se forem muito elevados, mas a partir do momento em que os custos forem diminuindo durante o processo de difusão, um rápido incremento na taxa de adoção deverá ser observado (ROGERS, 2003). Da mesma forma, Lindner (1987) afirma que as inovações que oferecem mais vantagens relativas para os agricultores estão mais propensas de serem percebidas com empatia e conveniência para adoção, estando susceptíveis de serem adotadas mais rapidamente. Portanto, vemos que as características da inovação podem mudar e interferir de maneiras distintas no trajeto da taxa de adoção.

A compatibilidade pode ser entendida como o grau com que a inovação é percebida como consistente aos valores atuais, experiências passada e necessidades do adotante em potencial. Quanto mais compatível for a inovação, menos incerteza ela gera e mais facilmente ela se encaixa com a situação individual do usuário, ou seja, menos esforço é necessário para sua implementação (ROGERS, 2003).

A compatibilidade é um fator ligeiramente menos poderoso quando comparado com a vantagem relativa para determinar a taxa de adoção e deve estar positivamente relacionado com a taxa de adoção. Tal compatibilidade ajuda o indivíduo a dar sentido à nova idéia para que seja considerada como mais familiar, o que acaba, em alguns momentos, se confundindo

com o fator vantagens relativas. Estes, porém, são conceitualmente distintos (ROGERS, 2003).

O fator compatibilidade pode estar vinculado a três aspectos gerais: 1) valores e crenças socioculturais; 2) idéias aderidas previamente; e 3) necessidades do cliente para a inovação. A afinidade da inovação com esses aspectos pode acelerar ou retardar o processo de adoção. Destaca-se que, as tecnologias adotadas anteriormente são parâmetros que os indivíduos utilizam para avaliar novas idéias e prospectar utilidade e eficiência. Nesse sentido, consideram-se inovações mal difundidas e mal utilizadas como um entrave para a propagação de novas idéias (ROGERS, 2003).

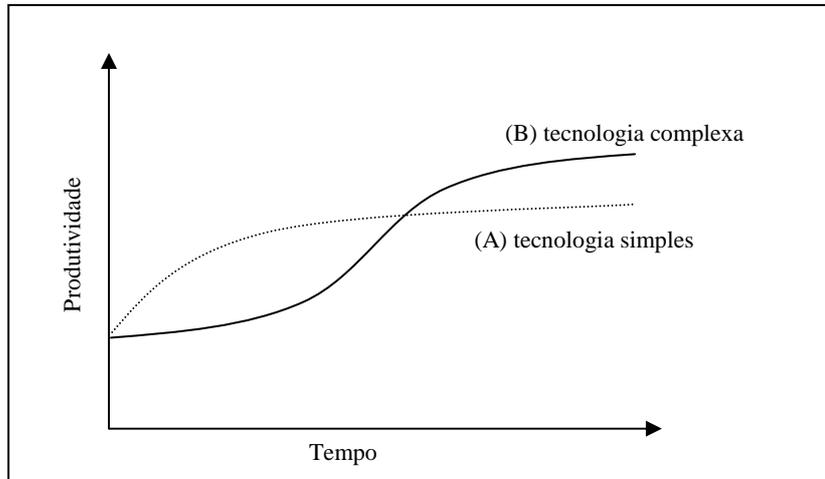
Os adotantes em potencial dificilmente reconhecem ter a necessidade por inovação até que tenham um bom conhecimento da mesma e de suas conseqüências. Assim uma maneira de mensurar a compatibilidade é a medida com que ela atende a necessidade do adotante. No entanto, os agentes que promovem a propagação de uma inovação têm meios para determinar ou gerar uma necessidade no seu cliente, apesar dessa tarefa não ser fácil (ROGERS, 2003).

A complexidade é definida como o grau de dificuldade que o indivíduo percebe na inovação para esta ser entendida e utilizada. Portanto, está negativamente relacionada com a taxa de adoção da inovação (ROGERS, 2003). No entanto, a facilidade de uso também mensura o grau de dificuldade que o indivíduo percebe na inovação, porém, facilita a interpretação dos resultados, ao passo que, assim como os demais atributos, apresenta associação positiva com a taxa de adoção (MOORE; BENBASAT, 1991).

Segundo o mesmo autor, a complexidade não tem a mesma relevância quanto às vantagens relativas e compatibilidade de uma inovação. No entanto, a complexidade se constitui como uma barreira que retarda a adoção. Assim, as inovações mais complicadas tendem a ser adotadas mais lentamente (MOORE; BENBASAT, 1991).

Um modelo que caracteriza dois tipos diferentes de inovação levando em conta o grau de complexidade das mesmas foi desenvolvido por David (1975) (Figura 4). O grupo “A” ilustra a produtividade do trabalho para as tecnologias que são bastante simples. Os efeitos da aprendizagem desta tecnologia simples são inicialmente altos e depois de algum tempo os ganhos de produtividade da tecnologia são menores. O grupo “B” é caracterizado por tecnologias bastante complexas. Essas requerem algum tempo para que o usuário se familiarize com a tecnologia, sendo que, os ganhos de produtividade da tecnologia serão mais tardios em comparação com as tecnologias do grupo “A” (DAVID, 1975).

Figura 4 – Produtividade obtida ao longo do tempo com o uso de duas inovações de diferentes níveis de complexidade



Fonte. Adaptado de David, 1975.

Rogers (2003) traz o exemplo da adoção dos microcomputadores na década de 1980 e argumenta que engenheiros, cientistas e outras pessoas que tiveram experiência anterior com alguma tecnologia parecida não definiram a inovação como complexa.

Ocorre que algumas pesquisas não têm sido claramente conclusivas, por alguns adotantes definirem a inovação como complexa, enquanto outros a definem como fácil e simples de usar (DAVID, 1975)

A experimentação é o grau com que a inovação pode ser testada antes da escolha pela adoção ou rejeição. A tendência é que inovações que possam ser experimentadas ou adotadas parcialmente sejam mais rapidamente adotadas que inovações que não tenham essa possibilidade. Portanto, esse fator está positivamente relacionado com a taxa de adoção (ROGERS, 2003).

Testar uma inovação antes de adotá-la é uma das maneiras que o indivíduo tem para saber como esta pode ser utilizada sob as suas condições particulares e, assim, se convencer ou perceber o significado da inovação (ROGERS, 2003). Essa condição permite reduzir a incerteza do indivíduo inerente à adoção da inovação (MOORE; BENBASAT, 1991; ROGERS, 2003).

Esse fator tem importância distinta ao longo do processo de difusão de uma inovação. No início do processo, para os adotantes iniciais, a experimentação é percebida com maior importância, visto que, ainda existem muitas dúvidas sobre os reais benefícios da tecnologia, se ela é mesmo fácil de usar ou se é compatível com a maneira que o indivíduo vem trabalhando, ou seja, há incertezas que precisam ser esclarecidas. Decorrido certo tempo a tecnologia está mais difundida e boa parte das incertezas já foram esclarecidas ou então

podem ser esclarecidas de outra maneira, além da experimentação. Assim quanto mais difundida estiver a inovação menos importância esse fator terá para adoção da tecnologia (ROGERS, 2003).

Esse atributo também pode estar relacionado à personalização e aprimoramento da inovação. À medida que existe a possibilidade de testar, é possível corrigir eventuais erros, promover melhorias e adequações para realidades diferentes. Assim, a indústria mantém maior proximidade com o cliente. Nesse sentido, Ryan (1948) identificou que a experimentação é percebida com maior importância pelos adotantes iniciais do que pelos adotantes tardios. Isso porque os inovadores não possuem referência de como a inovação se comporta, enquanto os retardatários ou adotantes tardios estariam cercados de companheiros que, por sua vez, já experimentaram a inovação. Com o passar do tempo, a experimentação vai reduzindo sua importância para a adoção (RYAN, 1948)

A visibilidade é o grau com que os resultados da inovação podem ser observados por outros. Algumas idéias são facilmente observadas e comunicadas para outras pessoas, enquanto os resultados de outras inovações são mais difíceis de serem descritos ou observados. Assim, esse fator está, também, positivamente relacionado com a taxa de adoção (ROGERS, 2003).

Quanto ao momento de analisar os atributos de uma inovação, grande parte dos estudos são realizados com base em situações passadas. Assim estes atributos também podem ser utilizados para projetar situações futuras relacionadas à taxa de adoção da inovação. Para Tornatzky e Klein (1982), a pesquisa ideal deveria mensurar os atributos da inovação na condição de tempo t_1 , com o propósito de inferir sobre o comportamento da taxa de adoção dessa inovação e após, em uma condição de tempo futura, t_2 , para verificar qual foi a real taxa de adoção no período.

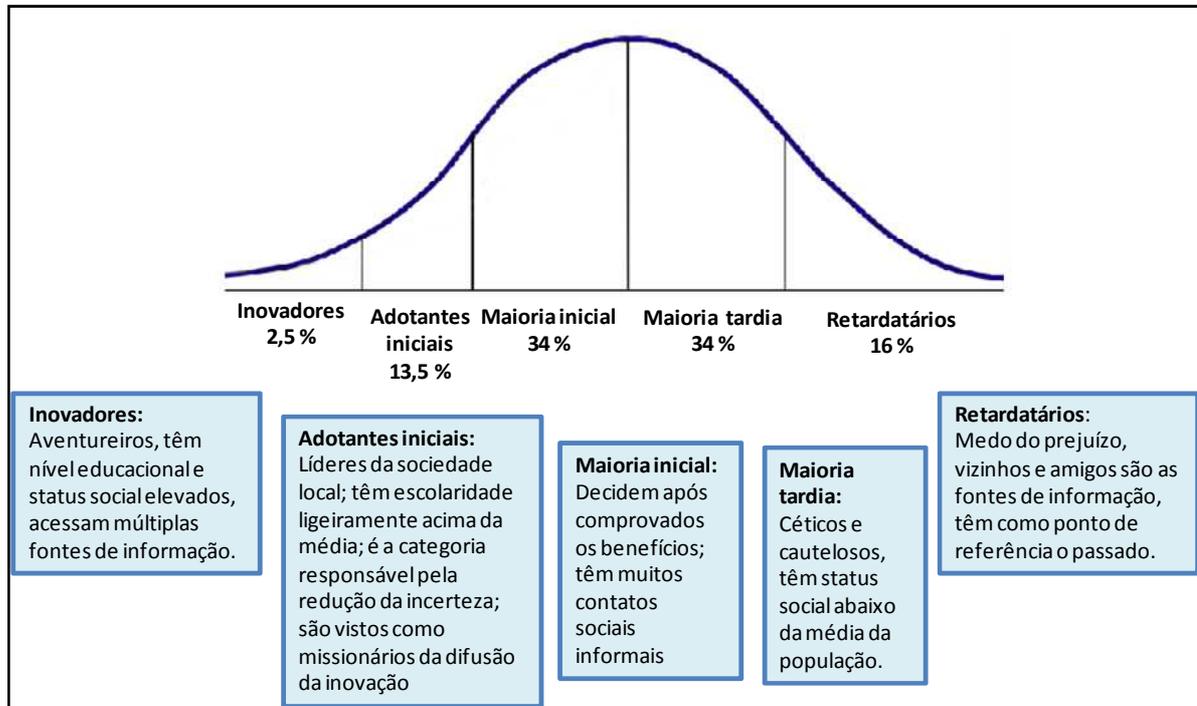
As características do indivíduo e o sistema social em que este está inserido também exercem influência no processo de adoção. Esses aspectos são abordados na subseção a seguir.

2.5.2 Categorização dos adotantes

Considerando os diferentes estágios do processo decisório e um “mercado” que é representado por consumidores de produtos e serviços que pertencem a diferentes grupos sociais, não é de se esperar um comportamento homogêneo em relação à adoção de inovações. Para representar esse comportamento inconstante dos indivíduos de um sistema

social, Rogers (2003) classifica os adotantes em cinco categorias com base no caráter inovador dos indivíduos ao longo do tempo (Figura 5).

Figura 5 – Descrição dos grupos de adotantes de inovação quanto ao estágio em que adotam a inovação ao longo do tempo



Fonte. Adaptado de Rogers, 2003.

Cada categoria é composta por indivíduos com características semelhantes referente ao caráter inovador. Para Rogers (2003), o caráter inovador do indivíduo está por trás de todo o processo de difusão da inovação e a importância dessa categorização está em identificar o comportamento que os indivíduos manifestam ao longo do tempo.

Outra classificação dos consumidores de tecnologia foi elaborada Moore (2004) (Quadro 2). Apesar ter recebido influência dos conceitos do ciclo de vida dos produtos, a classificação de Moore (2004) é similar àquela apresentada por Rogers (2003).

De acordo com os dados de adoção de herbicidas por produtores rurais do estado de Iowa (EUA) Beal e Rogers (1960) identificaram um longo período até que os últimos adotantes aderissem à inovação. De outro lado, os adotantes iniciais percorrem o processo de adoção da inovação mais rapidamente que os adotantes tardios. A explicação para tal acontecimento é que (1) os inovadores utilizam fontes técnicas precisas e canais de informação sobre a inovação, como, por exemplo, contato direto com pesquisadores; (2) os inovadores apresentam também um grau de habilidade mental que melhor lhes permite lidar

com a incerteza e as abstrações da inovação. Além disso, os inovadores frequentemente têm segurança financeira que permite superar possíveis perdas decorrentes do insucesso da inovação, são ousados e se expõem mais ao risco. Assim, o inovador está pronto para aplicar a nova idéia à sua realidade e toma essa decisão rapidamente, enquanto que, os retardatários aguardam para observar os resultados da inovação, já adotada pelos inovadores. Os retardatários, portanto, não estão sujeitos aos mesmos riscos que os inovadores e tão pouco necessitam habilidades mentais para aderir à nova idéia (ROGERS, 2003). Esses são alguns aspectos que mantêm os produtores inovadores em posições de vanguarda tecnológica (VIEIRA FILHO 2009).

Quadro 2 – Os cinco grupos de adotantes de tecnologia

Grupo de adotantes	Características de comportamento
Inovadores = Entusiastas	São pessoas fundamentalmente comprometidas com a nova tecnologia sob a alegação de que, mais cedo ou mais tarde ela fatalmente melhorará nossas vidas. Adoram ter acesso a última palavra em inovação.
Adeptos Iniciais = Visionários	São os verdadeiros revolucionários. Estão dispostos a usar a descontinuidade de qualquer inovação para romper com o passado e começar um futuro inteiramente novo. Ao explorar o novo, acreditam que poderão obter uma vantagem competitiva em relação à velha ordem.
Maioria Inicial = Pragmáticos	Essas Pessoas formam o grosso de todas as compras de infraestrutura tecnológica. Não simpatizam com o novo. Acreditam em evolução e não em revolução. Neutros à tecnologia, adotam inovações somente após um histórico comprovado de melhoria de produtividade, incluindo fortes referências de pessoas em quem confiam.
Maioria Tardia = Conservadores	Mostram-se pessimistas quanto à capacidade de obter algum valor dos investimentos em tecnologia e só realizam esses investimentos sob pressão. São muito sensíveis a preços, altamente céticos e muito exigentes. Raramente suas exigências são satisfeitas, em parte por não estarem dispostos a pagar por quaisquer serviços extras.
Retardatários = Céticos	São os combatentes da tecnologia/inovação, os que adoram desafiar a badalação e a adulação do marketing de alta tecnologia.

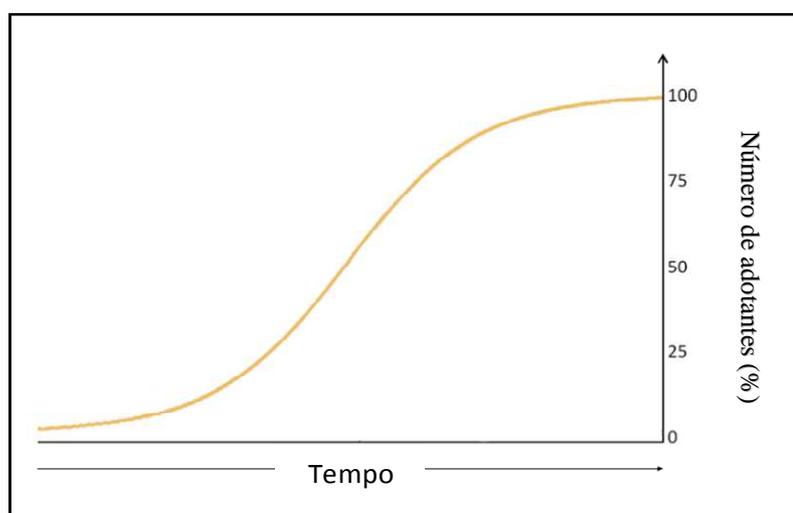
Fonte. Moore, 2004.

O caráter inovador dos adotantes de inovação aparece fortemente relacionado com características como tamanho da propriedade, nível de escolaridade, status social e acesso a diferentes mídias. Estes são vistos como líderes e formadores de opinião (ROGERS, 2003).

As principais diferenças entre os inovadores e os retardatários podem ser separadas em três constructos gerais: (1) a situação socioeconômica, (2) variáveis de personalidade, e (3) comportamento comunicativo. Essas características distintas sugerem o posicionamento estratégico direcionado para cada categoria, utilizando canais de comunicação e mensagens específicas para alcançar cada tipo de público (ROGERS, 2003).

Levando em conta o número de novos adotantes ao longo do tempo, estes estão distribuídos de forma normal representados por uma curva simétrica em forma de sino (Figura 5). Quando observado o número cumulativo de adotantes ao longo do tempo, esses são representados por uma curva em forma de “S” (Figura 6). Essas conclusões obtidas por Rogers (2003) têm suporte em uma série de estudos com adotantes de inovações em diversos sistemas, tanto nos Estados Unidos quanto em outros países (RYAN E GROSS 1943; RYAN, 1948; BEAL, ROGERS, 1962). Esse modelo genérico de difusão de inovação aplica-se a diversos segmentos, porém apenas para casos de inovação de sucesso (ROGERS, 2003).

Figura 6 – Comportamento da difusão da inovação entre a população de adotantes ao longo do tempo



Fonte. Rogers, 2003.

A adoção de inovação, representada pela curva “S”, indica a distribuição e o comportamento dos indivíduos ao longo do tempo. A adoção é inicialmente lenta, devido às incertezas tecnológicas, ao alto custo, à falta de serviços e infra-estrutura, entre outros aspectos. Torna-se mais acelerada a partir da comprovação do sucesso pelos pioneiros e esgota-se pela ampla difusão e aparecimento de outras inovações (ROGERS 2003). Depois de diversos estudos, este mesmo autor considera que o processo de adoção de inovação é um

modelo geral que reflete o comportamento humano e não se restringe a uma região, estado ou país.

Na sequência, estão apresentados os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa para atingir os objetivos propostos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O processo decisório da inovação, oriundo da teoria da difusão da inovação, é utilizado como base para analisar a adoção da AP no estado do Rio Grande do Sul – Brasil.

Tendo em vista as bases conceituais e a revisão de literatura utilizada, seguem os procedimentos metodológicos utilizados para a realização da pesquisa, detalhando as etapas de amostragem, coleta e análise dos dados, de modo a satisfazer os objetivos.

3.1 TIPO DA PESQUISA

A presente pesquisa é caracterizada como estudo exploratório e descritivo, com a aplicação de técnicas de análise qualitativas e quantitativas. Conforme descrito por Gil (1999), a pesquisa exploratória proporciona maior familiaridade com o problema, tendo em vista revelar os vários aspectos envolvidos com o assunto em questão e contribuir para a formulação de hipóteses. Do mesmo modo, Richardson (1999) afirma que a pesquisa exploratória compreende as primeiras fases da investigação e tem como propósito conhecer as características do fenômeno estudado para procurar, posteriormente, explicações das causas e consequências de tal fenômeno.

Buscando alcançar os objetivos em sua totalidade, foi necessário, também a aplicação do método descritivo, definido por Richardson (1999) e Gil (1999) como sendo adequado para descrever detalhadamente as características do fenômeno estudado.

O método de amostragem utilizado foi o não probabilístico. Sua principal característica é não fazer uso de formas aleatórias de seleção e os indivíduos são selecionados através de critérios subjetivos do pesquisador (GIL, 1999).

3.2 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA

A pesquisa foi realizada com produtores rurais que utilizam, ao menos, uma das ferramentas de AP, as quais estão descritas na seção cinco desse mesmo capítulo. Segundo Curwin e Slater (2008), uma pesquisa com amostragem não probabilística pode produzir resultados satisfatórios com menor dispêndio de tempo e recursos financeiros do que uma pesquisa com amostragem probabilística.

A AP foi definida para fins de amostragem, como um conjunto de ferramentas tecnológicas aplicada à agricultura para permitir um sistema de gerenciamento que considere

a variabilidade espacial e ou temporal da produção, com base nos atributos do solo e da planta.

A delimitação geográfica para obtenção da amostra foi o território do estado do Rio Grande do Sul – Brasil, devido basicamente à difusão da adoção da AP no estado, sua importância no mercado nacional de grãos e à concentração de empresas da indústria de máquinas e implementos agrícolas.

O critério considerado para participar da pesquisa foi a autodenominação do produtor rural como sendo usuário de AP, a partir da definição de AP fornecida no cabeçalho do questionário (Apêndice A). A coerência entre as respostas fornecidas de cada respondente com a exigência de ser um usuário de AP foi verificada pela questão de número seis, com o uso de, ao menos, uma ferramenta de AP.

A pesquisa foi realizada no período de agosto a outubro de 2011. Nesse período, foram feitos os contatos prévios e enviados 715 *e-mails* para produtores rurais. A taxa de retorno obtida pela pesquisa, medida através do número de questionários respondidos em relação ao total enviado, foi de 10,5%, ou seja, 75 questionários foram respondidos e todos foram considerados válidos. Portanto, a amostra da pesquisa compreende 75 produtores rurais do estado do Rio Grande do Sul.

3.3 TÉCNICA E COLETA DOS DADOS

A pesquisa envolveu o levantamento de dados primários, resultantes da aplicação de questionário (Apêndice A), e dados secundários, obtidos em bibliografias e documentos relacionados ao tema, com o intuito de melhor contemplar os fatores envolvidos na adoção da AP.

Elaborou-se um questionário composto por perguntas abertas e fechadas, onde as perguntas referentes aos “atributos tecnológicos” da AP foram formuladas em escala Likert de 5 pontos, medindo concordância (1 para “discordo totalmente” e 5 para “concordo totalmente”), conforme consta no Apêndice A. As perguntas formuladas para o constructo “características dos adotantes” tiveram o objetivo de caracterizar os produtores. Utilizou-se, para tanto, perguntas abertas e de múltipla escolha.

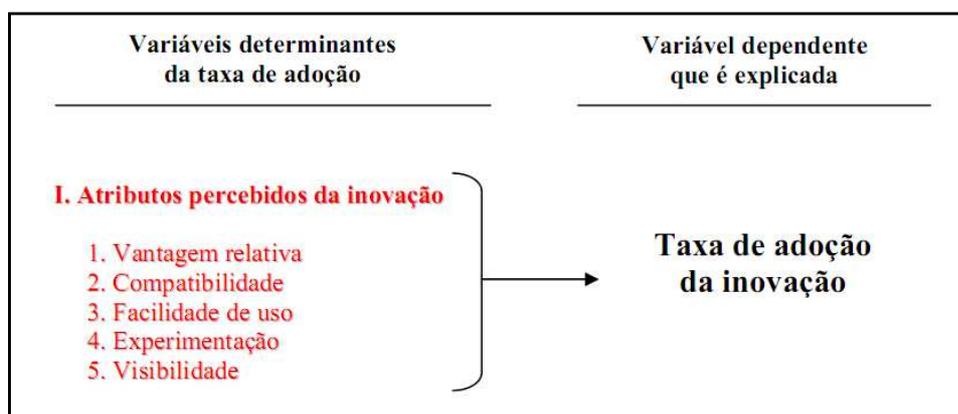
O pré-teste do questionário foi aplicado durante a realização de uma feira agrícola realizada no mês de março de 2011, no estado do RS. Na ocasião foram aplicados, pessoalmente, 15 questionários, os quais não fazem parte da amostra analisada.

A aplicação de questionários definitivo foi viabilizada através de um *link*, utilizando os serviços do software *Google Docs*. Anteriormente à aplicação do questionário, foi realizado levantamento dos produtores rurais do Rio Grande do Sul, junto à indústria de insumos agrícolas (máquinas, implementos, sementes, fertilizantes) e prestadores de serviços especializados em AP. Após, procedeu-se o contato para apresentação da pesquisa, via telefone, confirmando o agricultor como usuário de AP e, só então, foi encaminhando o e-mail formal com o *link* da pesquisa onde os usuários puderam acessar o formulário e responder as perguntas. Com essa técnica, buscou-se atingir respondentes que estão dispersos no território do Rio Grande do Sul, contemplando assim a heterogeneidade e o maior número possível de produtores.

3.4 MODELO ANALÍTICO DA PESQUISA

A pesquisa foi orientada com base no processo decisório da inovação apresentado por Rogers (2003), a partir do qual foi feito um recorte com foco na análise dos atributos tecnológicos que interferem na adoção da AP (Figura 7).

Figura 7 – Variáveis tecnológicas determinantes do processo de adoção da inovação



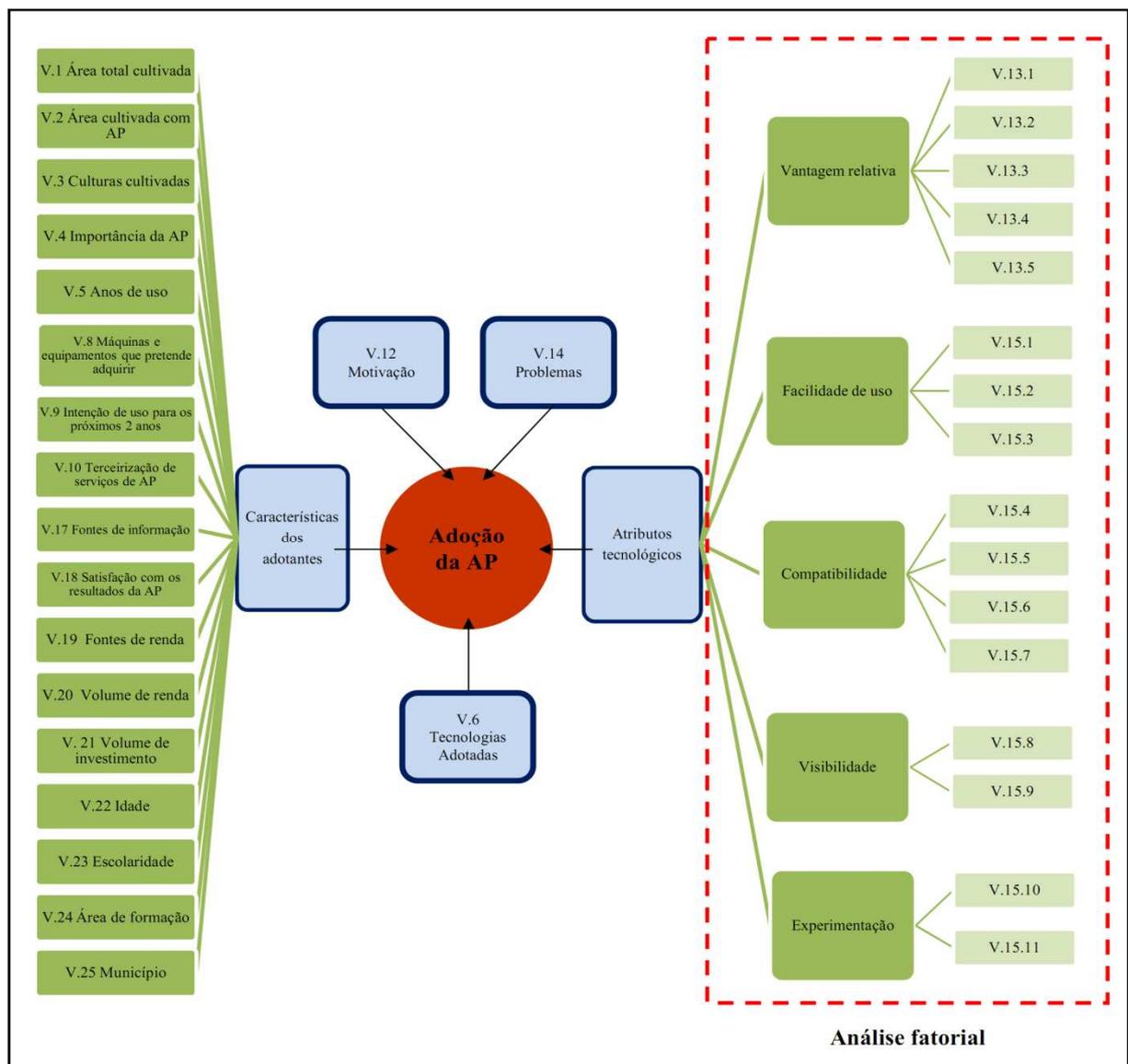
Fonte. Adaptado de Rogers, 2003.

Além dos atributos tecnológicos, a adoção da AP foi analisada quanto às características socioeconômicas dos adotantes. Para formação desse constructo buscou-se apoio na literatura específica sobre AP e no referencial teórico da difusão da inovação. A literatura existente sobre adoção da AP, embora apresente diferentes abordagens, utiliza com maior frequência variáveis relacionadas às características dos produtores para explicar a adoção. Com o propósito de incorporar variáveis diferentes àquelas que tem sido observadas

nas pesquisas de adoção da AP, optou-se por abordar nessa pesquisa, também, os atributos tecnológicos da inovação e verificar se a percepção dos adotantes de AP permite agrupar as variáveis utilizadas nos mesmos fatores apresentados na teoria da difusão da inovação.

O modelo analítico de pesquisa elaborado para análise da adoção da AP está representado na Figura 8. Nesse modelo, observa-se que a adoção está vinculada à variável que identifica quais as ferramentas de AP o produtor adota. A análise da adoção dessas ferramentas de AP foi realizada através de variáveis ligadas ao constructo “fatores tecnológicos” e variáveis ligadas ao constructo “características dos adotantes”. Outras variáveis relacionadas à adoção da AP tiveram o propósito de complementar a análise identificando os motivos e problemas da adoção da AP.

Figura 8 – Modelo analítico de pesquisa contendo os principais constructos e variáveis analisadas



Fonte. Elaborado pelo autor.

3.5 DESCRIÇÕES DAS VARIÁVEIS

A AP à que se refere na pesquisa é representada pelas principais ferramentas que estão disponíveis no mercado e têm maior probabilidade de serem adotadas pelos produtores rurais (Quadro 3).

Quadro 3 – Ferramentas de AP consideradas na pesquisa, siglas e descrições

Sigla	Ferramentas de AP	Descrição
(ASG)	Amostragem de solo georreferenciada	Técnica de coleta de solo que preconiza a localização geográfica da amostra para posterior tratamento localizado.
(ATV)	Aplicação de corretivos e fertilizantes em taxa variável	Técnica de aplicação que varia a dose do insumo aplicado de acordo com a necessidade específica de cada ponto dentro do talhão.
(BLZ)	Barra de luz	Ferramenta que utiliza o sistema de orientação por satélite para orientar o operador da máquina agrícola no direcionamento das passadas.
(PAT)	Piloto automático	Ferramenta que utiliza o sistema de orientação por satélite para guiar a máquina agrícola automaticamente.
(MPC)	Mapa de colheita	Conjunto de pontos contendo a informação de rendimento obtido em cada ponto da lavoura, os quais são identificados geograficamente.
(SER)	Sensoriamento Remoto	Obtenção de informação sem o contato físico com o objeto alvo (imagens de satélite, fotos aéreas, sensores ópticos proximais).
(STV)	Semeadura em taxa variada	Operação que varia o número de sementes de acordo com atributos previamente determinados e localizados geograficamente.

Fonte. Elaborado pelo autor.

As variáveis V.12 e V.14 mediram “motivação” e “problemas” da adoção da AP quanto a cinco dimensões: produtividade, custos, melhores condições de trabalho, meio-ambiente e gerenciamento, utilizando escala Likert de cinco pontos, na qual 1 (um) significa “sem relevância” e 5 (cinco) significa “muito relevante”. As variáveis V.20 e V.21 mediram o volume de renda bruta e o volume investido em AP, ambos em reais (R\$). A variável V.17 abordou das fontes de informação que o produtor acessa e foi formulada em escala Likert de cinco pontos, medindo frequência de acesso às fontes de informação (1 significa “nunca” e 5 significa “sempre”). Foram elaboradas, também, duas variáveis gerais, uma para medir a

importância da AP, variável V.4, utilizando escala Likert de cinco pontos (1 para “sem importância e 5 para “muito importante”) e outra para medir a satisfação do adotante de AP, variável V.18, medida também em escala Likert de cinco pontos (1 para grau de satisfação “muito baixo” e 5 “muito alto”).

Os atributos tecnológicos da inovação considerados no modelo de pesquisa foram observados através das variáveis apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Descrição das variáveis que representam os atributos tecnológicos da AP

Fatores	Variável	Descrição
Vantagens relativas	V.13.1	Qual foi o impacto em melhores condições de trabalho?
	V.13.2	Qual foi o impacto na preservação do meio-ambiente?
	V.13.3	Qual foi o impacto na melhoria no gerenciamento?
	V.13.4	Qual foi o impacto na redução dos custos de produção?
	V.13.5	Qual foi o impacto no aumento de produtividade?
Facilidade de uso	V.15.1	Somente especialistas entendem como a agricultura de precisão funciona.
	V.15.2	É difícil de aprender a usar as ferramentas de agricultura de precisão.
	V.15.3	As máquinas e equipamentos de agricultura de precisão são complicados de serem calibrados.
Compatibilidade	V.15.4	Eu gosto de trabalhar com equipamentos modernos.
	V.15.5	A agricultura de precisão se encaixa bem com a maneira que eu gosto de produzir.
	V.15.6	Agricultura de precisão é compatível com o nível tecnológico praticado na minha fazenda.
	V.15.7	É fácil de conciliar a agricultura de precisão com os equipamentos e as práticas utilizadas.
Visibilidade	V.15.8	É fácil observar os resultados da agricultura de precisão.
	V.15.9	Não tenho dificuldades em dizer aos outros sobre os resultados da agricultura de precisão.
Experimentação	V.15.10	Antes de usar eu pude experimentar corretamente a agricultura de precisão.
	V.15.11	Tive várias oportunidades de testar aplicações para a agricultura de precisão.

Fonte. Elaborado pelo autor.

Ressalta-se que, as variáveis V.15 são derivadas do estudo de Moore e Benbasat, (1991) e foram adaptadas para o contexto da AP. As variáveis V.13 e V.15 foram mensuradas em escala Likert de cinco pontos, na qual 1 (um) significa discordo totalmente e 5 (cinco) significa concordo totalmente. Para facilitar a análise conjunta dos dados optou-se por inverter a escala Likert do constructo facilidade de uso após o questionário ter sido respondido (1 para concordo totalmente e 5 para discordo totalmente). Assim, quanto mais próxima de cinco, todas as respostas passaram a ser interpretadas como mais favoráveis a adoção da AP.

3.6 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram analisados com o suporte dos *softwares* “Microsoft Excel” (Microsoft Office) e SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*).

A análise descritiva das variáveis teve como finalidade identificar medidas de localização e de distribuição da amostra. Assim, foi possível caracterizar a amostra e fazer inferências, tais como valores máximos, mínimos, médios, frequências, desvio-padrão. Para facilitar a análise das respostas descritivas, agrupou-se as palavras ou termos mais frequentes em grupos de comum sentido e utilizou-se o *Software* “Manyeyes” para análise de texto, onde se mediu a frequência de cada grupo de palavras.

Após a descrição dos dados referentes ao constructo “características dos adotantes”, seguiu-se com a análise fatorial das variáveis do constructo “fatores tecnológicos”. A análise fatorial teve por objetivo condensar a informação de um número de variáveis originais em um conjunto menor de variáveis. O número de observações necessárias em pesquisas que se valham da técnica de análise fatorial para interpretação dos dados obtidos é de, no mínimo, cinco observações por variável independente (HAIR *et al.*, 2009). Assim, buscou-se alcançar o número mínimo recomendado de observações para empregar a análise fatorial.

Na análise fatorial utilizou-se o método de extração “componentes principais” e optou-se pela rotação ortogonal VARIMAX. Foram consideradas na composição dos fatores apenas as cargas fatoriais acima de 0,5. A partir dos fatores extraídos, foram geradas novas variáveis com escores de fatores, através da opção “*Save as Variables*”, para posterior procedimento de análise de regressão. Para as outras análises, à exceção da regressão múltipla, foram utilizados escores somados para representar os constructos gerados pela fatorial, onde as médias são as mesmas de uma escala de cinco pontos, assim como as variáveis originais (HAIR *et al.*, 2005). Com base no referencial teórico abordado nesse estudo, estabeleceu-se previamente o número de fatores, perfazendo o total de 5 fatores, os quais captaram a percepção dos

adotantes quanto aos atributos tecnológicos da AP (Quadro 4). Por meio da análise fatorial foram efetuadas as reduções das variáveis originais para os 5 componentes (fatores). A variável V.15.7, a qual foi formulada para medir compatibilidade, foi retirada da análise por apresentar média discrepante das outras variáveis que mediram o mesmo fator, permitindo assim um melhor na distribuição das cargas fatoriais.

Observou-se o valor resultante do teste de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO), onde valor superior a 0,5 indica adequação da amostra e justifica efetuar a análise fatorial. Após a confirmação dos cinco fatores, foi analisado o grau de consistência, ou seja, a confiabilidade dos construtos. Para tanto, foi medido o Alfa de Cronbach de cada fator. Tal procedimento deve ser considerado aceitável se resultar em valores maiores que 0,6, indicando a consistência interna dos fatores (HAIR *et al.*, 2005).

Para identificar possíveis relações e intensidade de associação entre as variáveis, optou-se por trabalhar com a análise de correlação observando os parâmetros de interpretação apresentados na Tabela 2. Foram considerados significantes os coeficientes que apresentaram valores de “ p ” < 0,01(**) e “ p ” < 0,05(*) (HAIR *et al.*, 2005).

Tabela 2 – Faixas de interpretação dos coeficientes da análise de correlação

Valor do coeficiente “r”	Força de associação
± 0,91 – ± 1,00	Muito forte
± 0,71 – ± 0,90	Alta
± 0,41 – ± 0,70	Moderada
± 0,21 – ± 0,40	Pequena mas definida
± 0,01 – ± 0,20	Leve, quase imperceptível

Fonte: Hair *et al.*, 2005.

Procedeu-se a estratificação de algumas variáveis que apresentaram coeficientes de correlação significativos. Os estratos foram criados buscando a equiparação do número de casos em cada estrato. Para identificar diferença entre as médias das respostas para os diferentes estratos, estas foram submetidas ao teste de médias ANOVA. A interpretação da significância do teste de médias ANOVA foi baseada no valor de “ p ” com níveis de 1% (**) e 5% (*) de significância (HAIR *et al.*, 2005).

Aplicou-se também a análise de regressão múltipla aos fatores tecnológicos da AP para explicar a variação na V.18 (satisfação). Utilizou-se na análise de regressão as variáveis geradas com escores de fatores resultantes da análise fatorial. Segundo Hair *et al.* (2005), os

escores de fatores são úteis porque eliminam a multicolinearidade das variáveis independentes. O coeficiente de regressão (r^2) varia de 0 a +1 e representa a quantidade de variação na variável dependente explicada pelas variáveis independentes combinadas. A significância do coeficiente foi testada ao nível de significância de 1% e 5%, utilizando-se, para tanto, o valor de “ p ”. A interpretação do potencial explicativo de cada fator resultante da análise fatorial exploratória foi fundamentada nos valores do coeficiente padronizado beta (β). Esse é recomendado na interpretação da análise de regressão múltipla por padronizar diferentes unidades de medida entre as variáveis. O coeficiente beta varia de -1 a + 1 (HAIR *et al.*, 2005).

Com base na metodologia empregada, estão apresentados, no capítulo quarto, os resultados obtidos pela pesquisa.

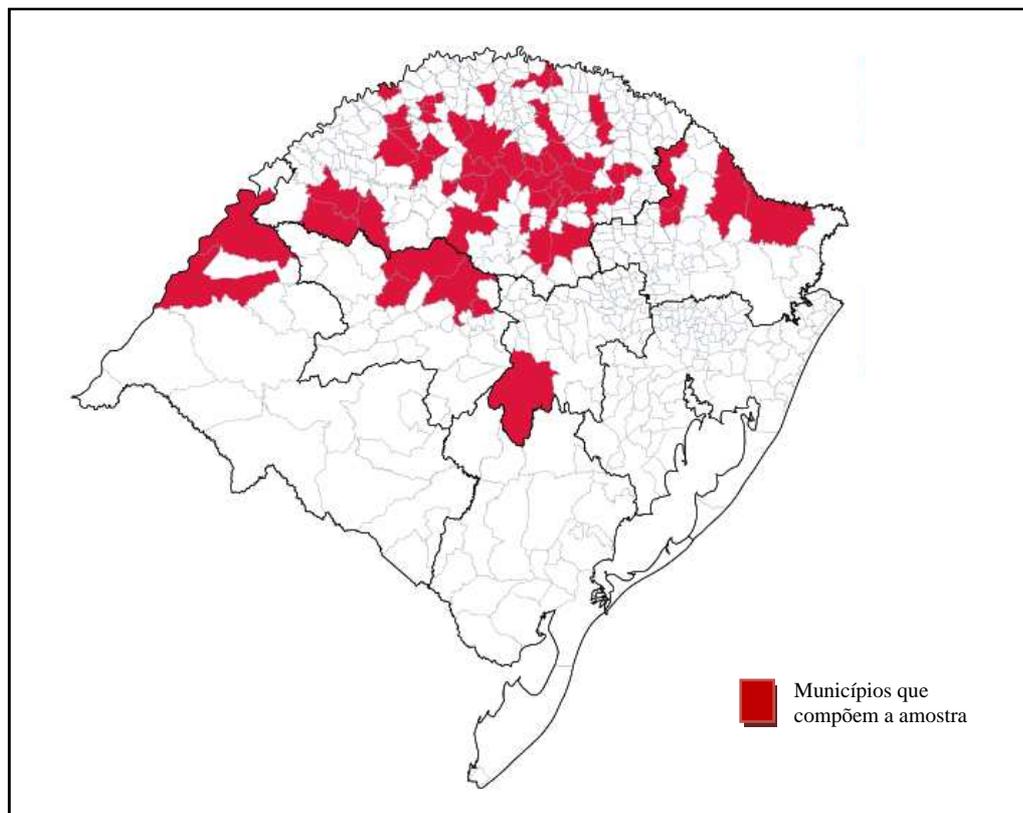
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos na pesquisa. Na primeira seção, são apresentadas as características dos usuários de AP. Na segunda seção, é caracterizada a adoção da AP. Na seção seguinte, são analisados os fatores tecnológicos que foram determinantes para a adoção da AP pelos produtores rurais. Na quarta e última seção, são apresentados os motivos, impactos e entraves da adoção da AP.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ADOTANTES DE AGRICULTURA DE PRECISÃO

A amostra concentrou-se na metade Norte do estado do Rio Grande do Sul. Na Figura 9, podem ser observados, os municípios alcançados pela pesquisa. Foram 56 municípios que apresentaram, pelo menos, um respondente.

Figura 9 – Distribuição da amostra de produtores rurais contemplados pela pesquisa entre os municípios do estado do Rio Grande do Sul

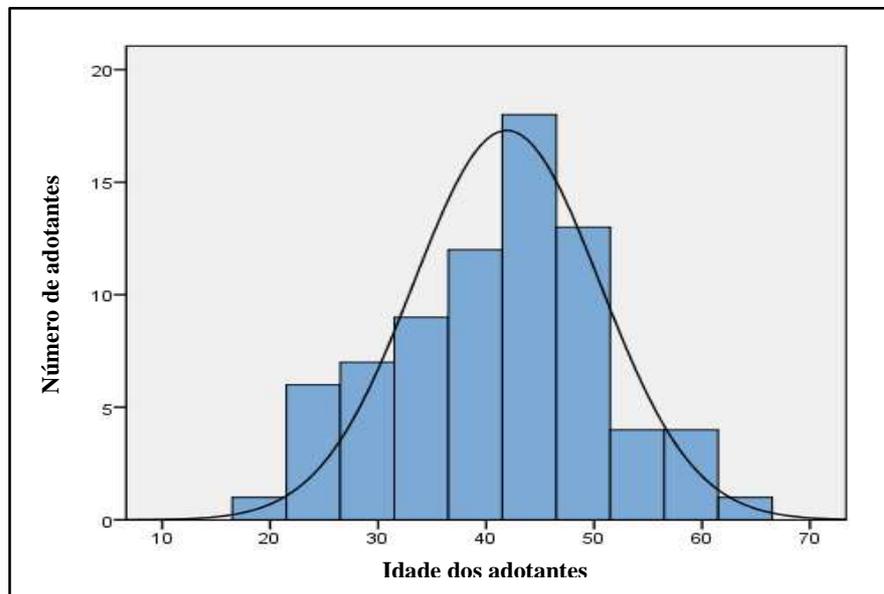


Fonte. Elaborado pelo autor.

Esta alta representatividade da região se reflete positivamente nos dados da pesquisa, visto que ali estão localizadas empresas da indústria brasileira de máquinas e implementos agrícolas e também por ser uma importante região produtora de grãos do estado.

A idade dos adotantes de AP variou entre 19 e 63 anos, sendo que a média foi 41 anos, com um desvio-padrão de 10 anos. A distribuição de frequência para a variável “idade” pode ser observada na Figura 10. A média de idade observada pode ser equiparada à dos adotantes de AP dinamarqueses e norte-americanos, cujas médias foram, segundo Fountas *et al.* (2005), 43 e 46 anos, respectivamente.

Figura 10 – Histograma da idade dos adotantes de AP

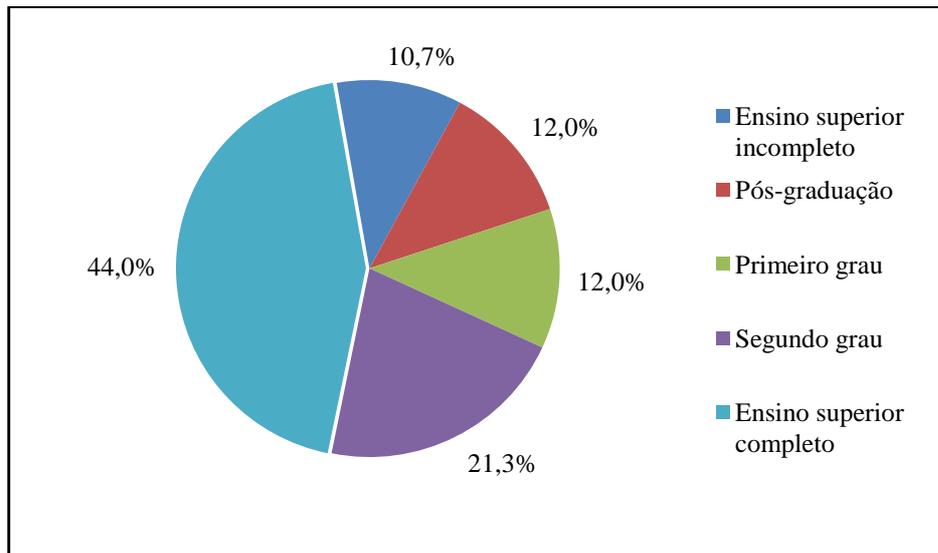


Fonte. Elaborado pelo autor.

Os usuários de AP, em 88% dos casos, apresentam escolaridade acima da média para o estado do Rio Grande do Sul. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2009), o nível de escolaridade para a população do RS com 25 anos ou mais é de 7,5 anos de estudo, enquanto a média nacional é de 7,2, esse tempo de estudo é equivalente ao “primeiro grau”. O maior nível de escolaridade dos adotantes de AP vai ao encontro da afirmação de Schultz (1965), de que o bom nível de escolaridade das pessoas ligadas ao meio rural é necessário para a transformação do setor agrícola tradicional tanto quanto o investimento em insumos e máquinas.

A Figura 11 mostra que 44% dos entrevistados têm ensino superior completo e, ao incluir aqueles que têm pós-graduação, o percentual passa para 56%, enquanto 12% têm apenas primeiro grau.

Figura 11 – Nível de escolaridade dos adotantes de AP

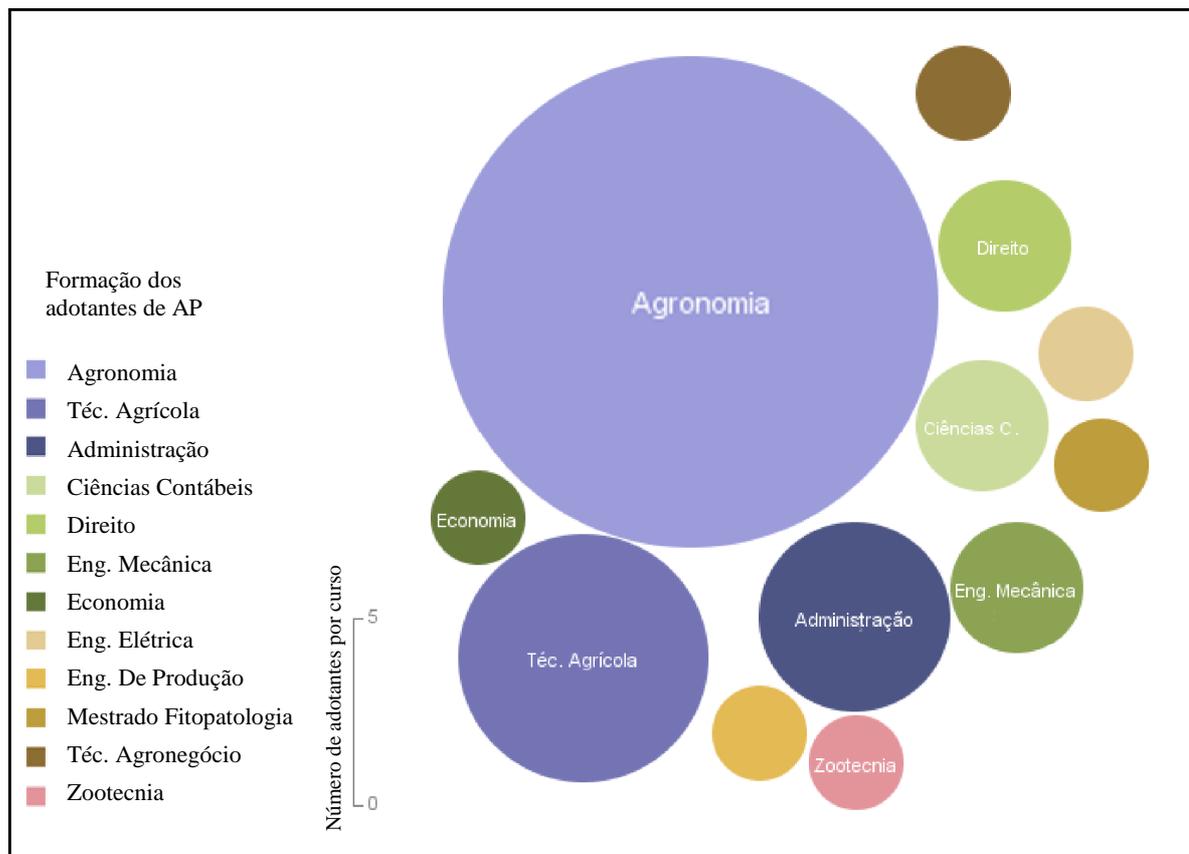


Nota. Percentual de produtores por categoria.
Nota. Elaborado pelo autor.

Esses números demonstram que os adotantes de AP têm formação diferenciada da maioria dos produtores rurais, o que vai ao encontro da afirmação de McBride e Daberkow (2003), que ressaltam que o grau de escolaridade dos agricultores desempenha um papel importante na adoção da AP. O fato se consolida face à formação dos adotantes de AP (Figura 12), onde pelo menos 27 usuários possuem formação superior em Agronomia, sete na área técnica agrícola, e os demais estão distribuídos em diferentes áreas de formação, tais como administração, economia, direito e engenharias.

O caráter inovador do adotante está presente nos primeiros indivíduos que empregam uma inovação, os chamados “adotantes iniciais” (ROGERS, 2003; MOORE; BENBASAT, 1991). Este caráter inovador está relacionado a características como nível de escolaridade, tamanho de propriedade, aversão ao risco, condições de superar possíveis prejuízos em decorrência do insucesso da inovação e visão cosmopolita (ROGERS, 2003; MARSH *et al.*, 2000), ou seja, os produtores que apresentam essas características, entre elas o nível de escolaridade com formação em curso superior, estariam propensos a adotar a inovação mais rapidamente que os produtores com nível de escolaridade inferior.

Figura 12 – Cursos de formação dos adotantes de AP

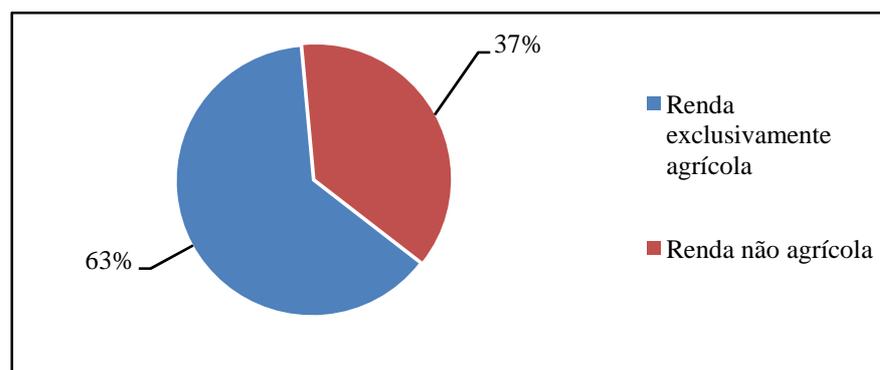


Nota: Tamanho dos círculos proporcional ao número de produtores com a referida formação.
Fonte. Elaborado pelo autor

O alto grau de escolaridade, juntamente com a área de formação predominante entre os adotantes de AP, sinalizam a qualificação técnica voltada para a atividade agrícola, ou seja, identificou-se a profissionalização daqueles produtores rurais que têm adotado a AP.

Ao serem indagados sobre fontes de renda, 63% dos usuários afirmaram ter a agricultura como única fonte de renda (Figura 13). Isso se reflete na especialização dos produtores com a atividade.

Figura 13 – Origem da renda dos adotantes de AP

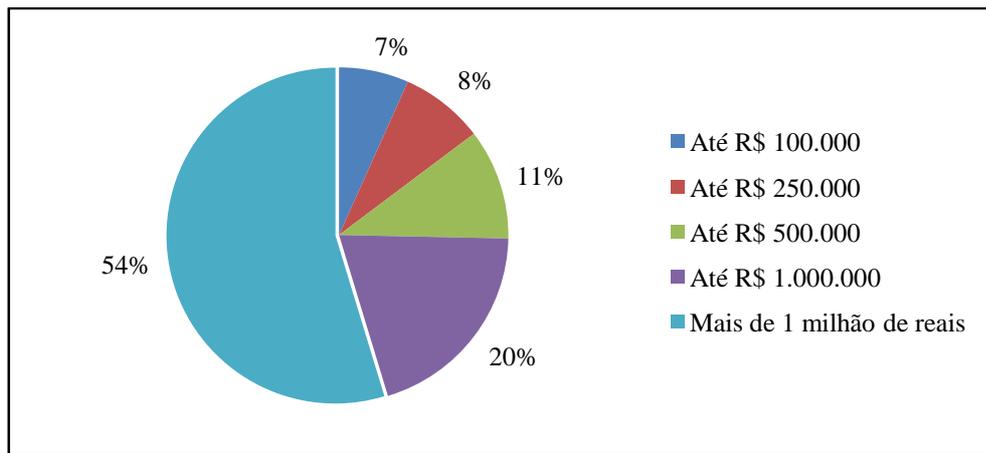


Fonte. Elaborado pelo autor.

A renda predominantemente agrícola e a formação direcionada para essa mesma atividade levam à especialização dos produtores na atividade agrícola e, na maioria dos casos, há dedicação integral para essa atividade.

Quando perguntados sobre a renda bruta da propriedade no ano de 2010, 54% dos usuários declararam ter renda superior a R\$ 1.000.000 (um milhão de reais) (Figura 14).

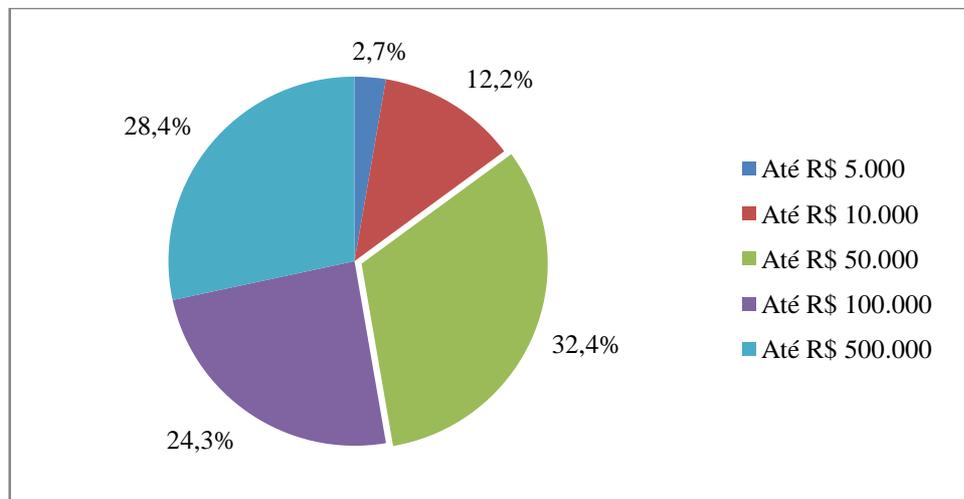
Figura 14 – Classificação dos usuários de AP quanto à renda bruta da propriedade rural no ano de 2010



Fonte. Elaborado pelo autor.

O montante investido especificamente em AP variou entre os entrevistados (Figura 15). Há distribuição mais equilibrada entre as faixas de investimento intermediárias, sem concentração expressiva como a que foi observada anteriormente, na distribuição dos adotantes de AP por faixa de renda.

Figura 15 – Classificação dos usuários de AP por faixas de investimento em AP

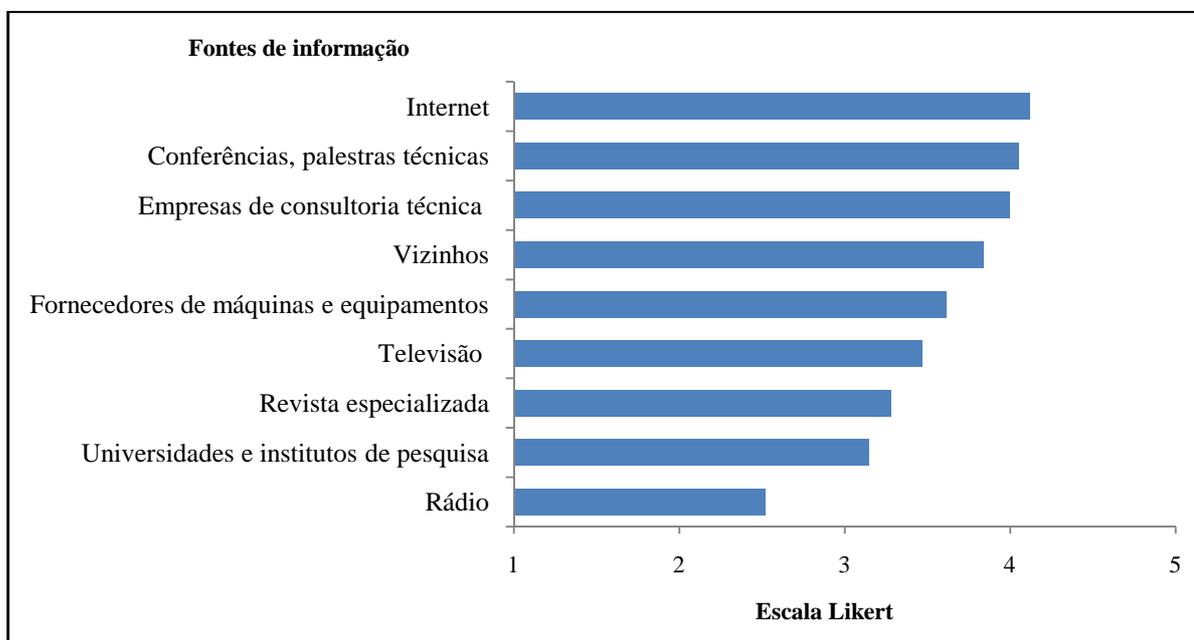


Fonte. Elaborado pelo autor.

Considerando-se apenas dois estratos de investimento em AP, identificou-se que 47,3% dos usuários investiram até 50 mil reais, enquanto os outros 52,7% investiram mais de 50 mil reais em AP. Destaca-se, ainda, que os usuários que despendem até cinco mil reais correspondem a apenas 2,7% da amostra e os que se enquadram na faixa de maior valor despendido, até 500 mil reais, representam 28,4% da amostra. Nota-se um percentual elevado de produtores que investiram mais de cem mil reais em ferramentas de AP.

As fontes que os adotantes acessam com maior frequência para buscar informação sobre a AP são apresentadas na Figura 16. Apesar dos escores médios para cada fonte de informação terem sido próximos, a internet foi a fonte mais acessada. É provável que esse resultado tenha sofrido influência do método utilizado para a obtenção dos dados. No entanto, ao desenvolver a pesquisa foi possível identificar que, se o produtor responsável pela gestão da propriedade não tem acesso direto à internet, alguma pessoa com quem este convive (filhos comumente) tem, permitindo que o agente tomador de decisão se beneficie das informações disponibilizadas através dessa fonte. Evidencia-se, portanto, que o adotante de AP costuma acessar a internet com frequência média de 4,2 na escala Likert de cinco pontos.

Figura 16 – Fontes de informação sobre AP mais acessadas pelos produtores rurais



Nota. Valores médios da população amostrada para frequência de acesso às fontes de informação, em escala Likert de 5 pontos: 1 nunca; 5 sempre.

Fonte. Elaborado pelo autor.

Os adotantes mostraram acessar diversas fontes com frequência semelhante: conferências, palestras técnicas, empresas de consultoria, vizinhos e fornecedores de

máquinas e equipamentos agrícolas. Logo, não existe uma fonte que se destaque para a obtenção de informação sobre a AP. A prática de acessar diversas fontes de informação, segundo a teoria da difusão da inovação, está relacionada ao perfil do adotante inovador, que busca minimizar as incertezas da nova tecnologia, estar atualizado e ter acesso à última palavra em inovação.

Embora as incertezas a respeito da tecnologia possam ser supridas a partir de resultados técnicos e científicos, frequentemente os indivíduos preferem obter informação junto aos seus vizinhos mais próximos, os quais, mesmo que tenham respostas subjetivas sobre a inovação, são mais acessíveis e convincentes, por basearem-se em suas próprias experiências a partir da adoção da inovação (ROGERS, 2003). Essa fonte de informação (vizinhos) teve destaque entre os produtores e só não teve importância ainda maior porque os produtores que passaram a adotar a AP apresentam um perfil com características de inovadores, onde a importância dada a essa fonte de informação é comparativamente menor àquela conferida pelos produtores que adotam mais tardiamente.

Comparativamente, na indústria sucroalcooleira as fontes mais acessadas são universidades e institutos de pesquisa, conferências e revistas especializadas (SILVA *et al.*, 2011). Salienta-se o contexto diferente da indústria sucroalcooleira, onde esta coordena, além da produção da matéria-prima, o processo de transformação e comercialização dos produtos finais, o que justifica o acesso às fontes de informação de cunho mais técnico.

O conhecimento sobre a inovação constitui-se uma das etapas fundamentais da adoção. Nesse sentido ações com vistas à qualificação pessoal, treinamento, cursos de gestão e também ações para melhoria da tecnologia, tornando-as mais simples e com custos mais baixos, são sugeridas para incrementar as taxas de adoção dessas novas ferramentas tecnológicas (ROGERS, 2003; FOUNTAS *et al.* 2005). A partir dessas necessidades, diversas iniciativas vêm sendo tomadas para incorporar os conceitos da AP ao agronegócio brasileiro. Destaca-se, entre as iniciativas para difusão da AP, a formação da rede de pesquisa em AP da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no ano de 2009, que além de ter o suporte das unidades de pesquisa e dos pesquisadores da EMBRAPA integra diversas instituições parceiras, como universidades e empresas privadas.

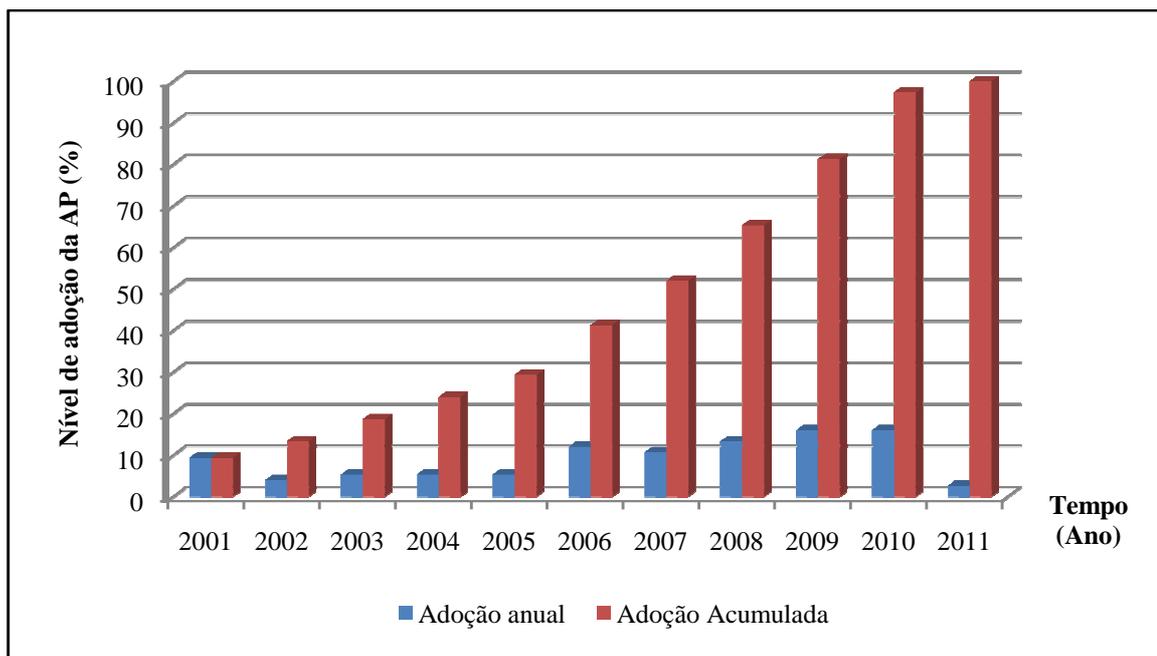
Após terem sido descritas algumas características dos adotantes de AP, na seção seguinte seguem os resultados da difusão das ferramentas de AP.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ADOÇÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO

A adoção da AP foi medida pelo ano em que o produtor iniciou a adoção da primeira ferramenta de AP. O tempo médio de experiência com AP foi de 4,3 anos. Silva *et al.* (2011) encontraram resultados semelhantes para a adoção da AP na indústria sucroalcooleira paulista, na qual o tempo médio de adoção foi de 4 anos. No entanto, existem produtores que adotam a AP há, pelo menos, 11 anos e outros há apenas um ano.

Os dados da figura 17 mostram que, o número de produtores que adotam AP vem crescendo e a taxa média de adoção, entre a amostra analisada, foi de 9,1% de produtores ao ano. O número de novos adotantes não teve grandes oscilações entre os anos, no entanto, destacam-se os anos após 2005, os quais atingiram patamares superiores a 10% ao ano, a exceção de 2011, ano em que foi realizada a pesquisa.

Figura 17 – Evolução da adoção da AP no período de 2001 a 2011

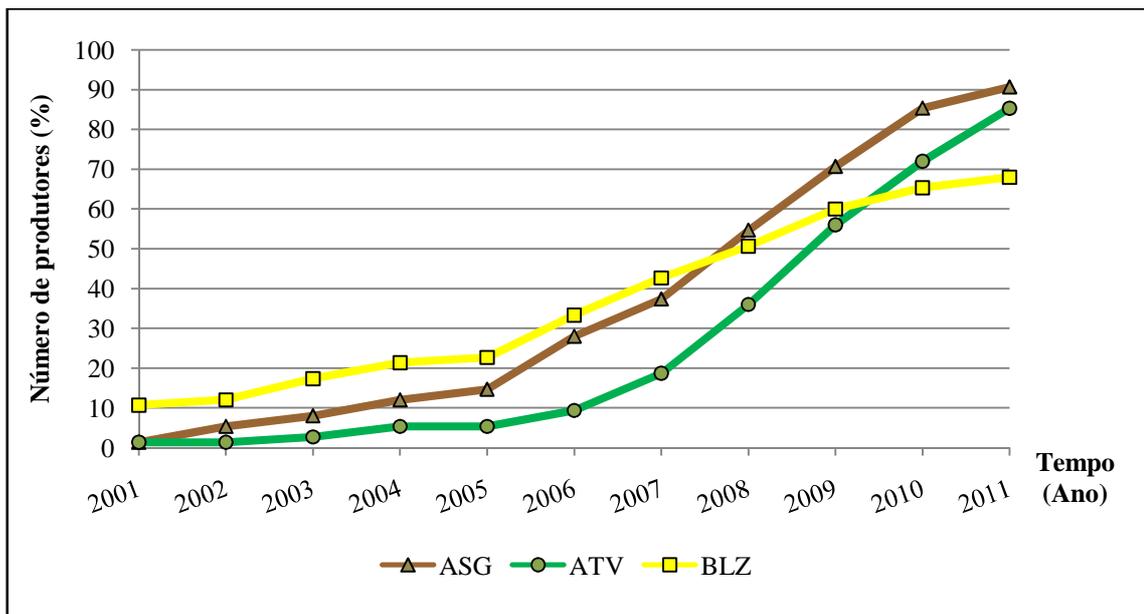


Fonte. Elaborado pelo autor.

Cabe ressaltar que, o período em que a pesquisa foi realizada, entre o mês de agosto e outubro de 2011, pode ter impedido alguns produtores de participar da pesquisa, se é que adotaram alguma ferramenta após esse período. Entre os fatores que podem estar relacionados à adoção mais significativa da AP a partir de 2006, está a redução das incertezas referente à adoção inicial da tecnologia e a retomada de alta dos preços das commodities.

Quando analisada a evolução da adoção das diferentes ferramentas de AP, observa-se diferença no número de adotantes entre as ferramentas adotadas (Figura 18). A amostragem de solo georreferenciada é a ferramenta mais adotada entre os produtores que responderam a pesquisa, chegando a 91% de adoção, seguida da aplicação de corretivos e fertilizantes em taxa variável (85%) e da barra de luz (68%).

Figura 18 – Evolução da adoção das três principais ferramentas de AP difundidas no período de 2001 a 2011



Fonte. Elaborado pelo autor.

O comportamento da adoção da ATV segue o da adoção da ASG, configurando a complementaridade dessas duas ferramentas. Em média, 9 meses depois de adotar a ASG o produtor passou a adotar a ATV. Hoff *et al.* (2006) ressalta que as tecnologias complementares são fundamentais para a expansão da tecnologia principal e do conjunto de tecnologias como um todo.

Em relação à dinâmica da difusão da AP, o grau de complementaridade é um dos elementos que contribuem para o processo de difusão ser mais lento ou mais acelerado. Assim, conforme as tecnologias adjacentes forem se tornando mais compatíveis, reduzindo os custos de aquisição, os usuários forem adquirindo habilidades técnicas e a indústria aperfeiçoando as tecnologias, mais acelerado será o processo de difusão (DEZA, 1995).

No período anterior a 2001, a única ferramenta de AP que vinha sendo adotada era a BLZ. A partir de 2001, passaram a ser adotadas ASG e ATV. As demais ferramentas analisadas passaram a ter adoção mais significativa a partir do ano de 2007.

Quanto à difusão da BLZ, apesar do crescimento de sua adoção ao longo do período analisado, esta perdeu a posição de ferramenta mais adotada, que detinha até o ano de 2007, para as ferramentas de ASG e ATV, que passaram a ter taxas de adoção mais expressivas. Esse comportamento apresentado se deve, provavelmente, ao surgimento de ferramentas substitutas ou mais completas, com mais funções e mais eficientes, assim, os novos adotantes podem adotar outras ferramentas que auxiliam no direcionamento das máquinas, sem ter passado pela fase de adoção da barra de luz.

Ao fazer uma analogia do comportamento da taxa de adoção da AP com a curva “S” de difusão da inovação, é possível perceber algumas semelhanças quando as ferramentas apresentam baixas taxas de adoção inicial e, decorrido o período de 5 a 6 anos, há uma inclinação ascendente exponencial das curvas. Segundo Rogers (2003), esse aumento nas taxas de adoção está relacionado com a comprovação dos resultados da inovação através do uso pelos inovadores e a redução das incertezas inerentes ao pioneirismo.

No quadro 5, pode ser observado o número de novos adotantes, ao longo dos anos, para as diferentes ferramentas de AP. Destaca-se que, nem todas as ferramentas apresentaram adoção mais significativa após o ano de 2006.

Quadro 5 – Evolução da adoção das diferentes ferramentas de agricultura de precisão

Ano	Número de novos adotantes por ferramenta de AP						
	ASG	ATV	BLZ	PAT	MPC	SER	STV
2001	1	1	8	0	2	1	0
2002	3	0	1	1	0	0	0
2003	2	1	4	0	0	0	0
2004	3	2	3	0	1	0	0
2005	2	0	1	1	2	0	0
2006	10	3	8	0	1	0	1
2007	7	7	7	1	2	1	0
2008	13	13	6	4	3	0	2
2009	12	15	7	2	2	3	1
2010	11	12	4	8	5	2	1
2011	4	10	2	5	3	5	1
Total de adotantes	68	64	51	22	21	12	6
Total de não adotantes	7	11	24	53	54	63	69

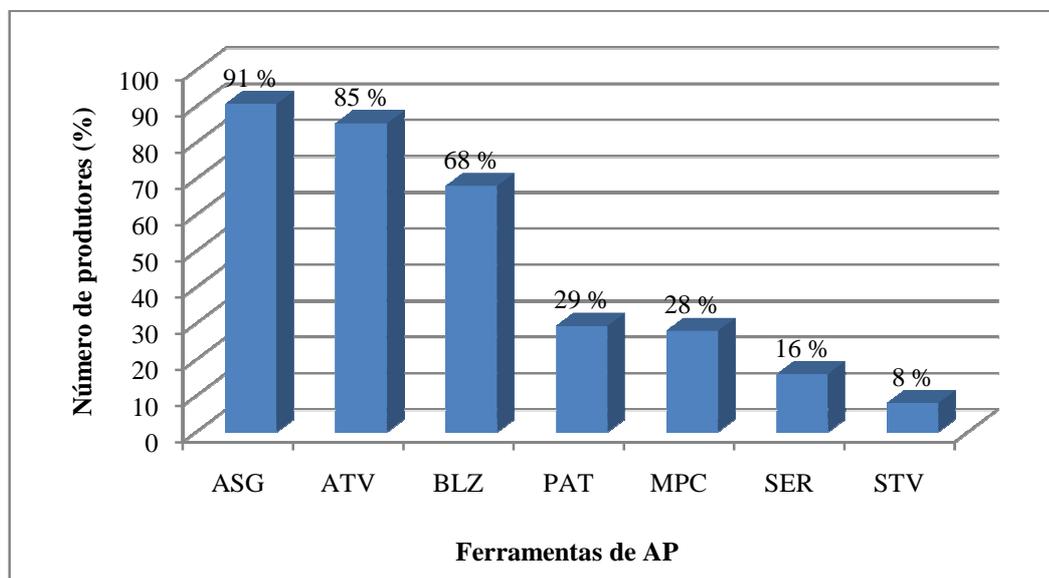
Fonte. Elaborado pelo autor.

As ferramentas têm sido difundidas de formas distintas, sendo que as menos adotadas são também aquelas colocadas à disposição dos produtores recentemente. Cabe ressaltar

ainda, o número reduzido de produtores que adotavam as ferramentas no ano de 2001. O que evidencia o início da adoção da AP, em nível de produtor rural, por volta do ano 2000.

É possível observar dois grupos de ferramentas (figura 19). O grupo com mais de 50% de adoção, do qual fazem parte a amostragem de solo georreferenciada, a aplicação a taxa variável de insumos e a barra de luz, que são ferramentas em estágio mais adiantado de difusão. O grupo com adoção inferior a 50% é composto por: piloto automático, mapa de colheita, sensoriamento remoto e semeadura a taxa variada. Essas ferramentas estão em fase de adoção inicial no estágio de difusão. Nesse fase de adoção, as incertezas referentes às ferramentas são maiores, os custos mais elevados e a disponibilidade de informação é restrita, fazendo com que os adotantes de perfil inovador sejam os mais propensos a adotar a ferramenta nessa fase inicial de difusão. Cabe considerar também, que a semeadura em taxa variável é a ferramenta com menor nível de adoção, devido ao fato de o desenvolvimento e a comercialização de equipamentos que permitem a mecanização dessa técnica ter ocorrido recentemente.

Figura 19 – Percentual adotado de cada ferramenta de AP



Fonte. Elaborado pelo autor.

Piloto automático, mapa de colheita, sensoriamento remoto e semeadura a taxa variada não são adotados entre 70% e 90 % dos casos, enquanto que, segundo Silva *et al.* (2011) as imagens de satélites e o piloto automático são as ferramentas mais adotadas pela indústria sucroalcooleira paulista. Essa característica da adoção de AP se deve a especificidades do cultivo da cana-de-açúcar, onde empresas dominam a produção e têm à necessidade de

melhor gerenciar as áreas de cultivo, que abrangem grandes extensões de terra e requer cuidados no manejo da cultura para altas produtividades.

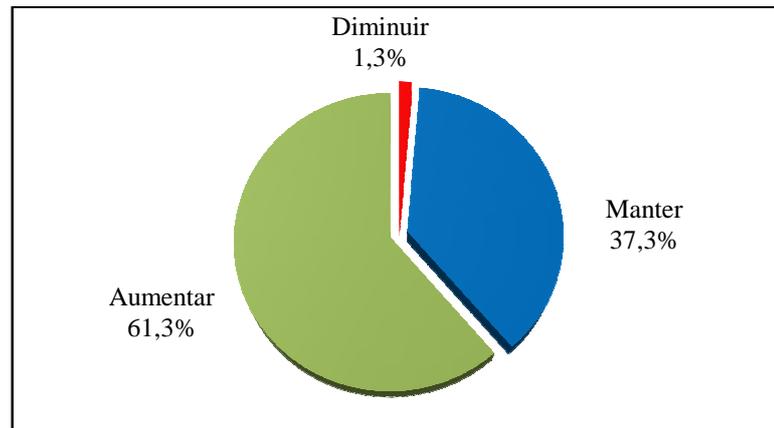
Na maioria dos casos, a AP ainda se limita ao uso da ASG e da ATV. O estágio de difusão mais adiantado dessas duas técnicas se dá, entre outros fatores, por ser onde os produtores percebem maior possibilidade de intervenção para aumentar a produtividade e reduzir os custos, através da possível economia de fertilizantes e do pouco capital imobilizado. Além disso, há notada influência dos prestadores de serviços de AP na difusão da ASG e da ATV. Essas duas ferramentas, no entanto, são apenas a quarta e a quinta das mais difundidas entre as usinas produtoras de cana-de-açúcar do estado de São Paulo (SILVA *et al.*, 2011).

Os mapas de colheita, segundo Molin (2004), são essenciais para a prática da AP e amplamente difundidos nos países precursores em AP. Diferentemente dos EUA e Europa, onde a porta de entrada da AP foi mapeamento de colheita, entre os produtores do RS, as ferramentas para análise de solo georreferenciada e posterior aplicação em taxa variável têm sido as primeiras ferramentas que o produtor adota, a exceção da BLZ.

A adoção incipiente do mapeamento de colheita entre os produtores rurais que participaram desta pesquisa está relacionada às características da ferramenta e, principalmente, ao modo como a ferramenta é adotada pelos produtores rurais. Essa ferramenta requer a aquisição de equipamentos para fazer o monitoramento da colheita e pessoal qualificado para operar a colheitadeira e coletar os dados. Diferentemente da ferramenta de ASG, por exemplo, que é disponibilizada via prestadores de serviços, tanto para coleta quanto para geração dos mapas. No entanto, percebe-se o potencial que a ferramenta MPC tem em mensurar os retornos obtidos em decorrência da utilização da ASG e ATV, bem como, não há a necessidade de fazer uma operação adicional para coletar os dados de produtividade. Dado esse contexto, cabe à indústria explorar o mercado para os equipamentos ligados a essa tecnologia, expondo as vantagens que podem ser obtidas com adoção dos mapas de colheita.

Mesmo já adotando a AP, a intenção de 61,3% dos produtores rurais é aumentar o uso da tecnologia nos próximos dois anos (Figura 20). Essa mesma tendência positiva no crescimento da difusão da AP foi observada por Silva *et al.* (2011), onde 96% das usinas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo manifestaram a intenção de expandir o uso dessa inovação.

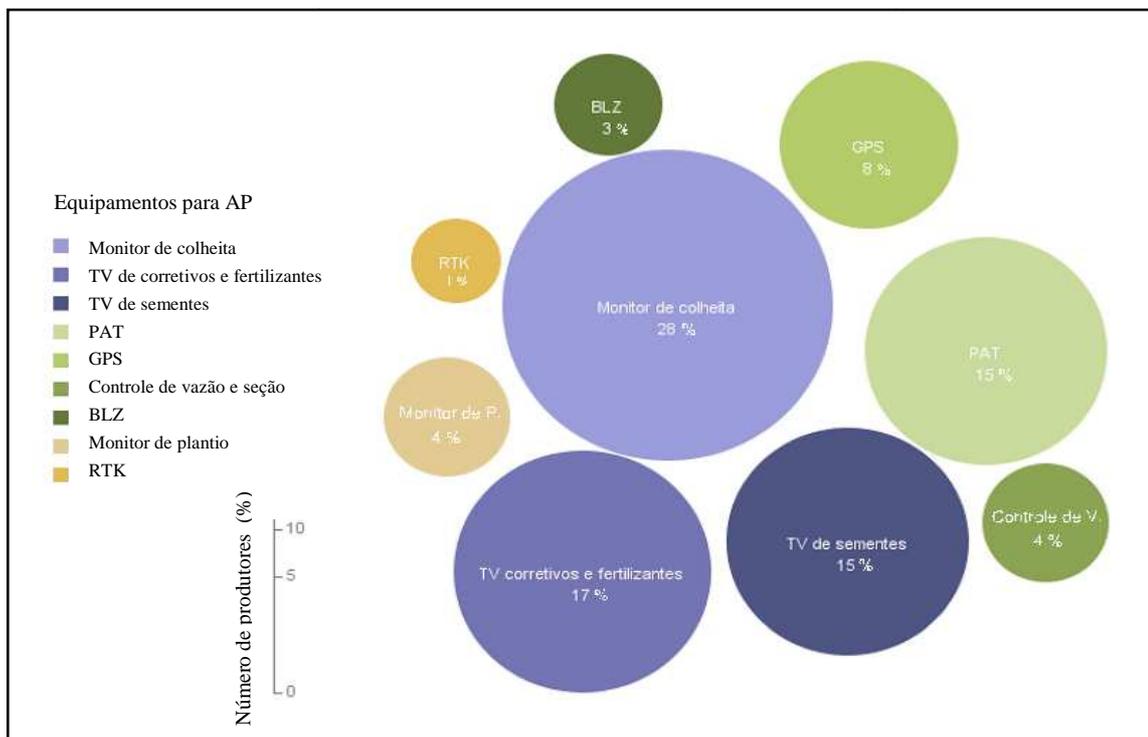
Figura 20 – Perspectiva do adotante com relação ao uso da AP para os próximos dois anos.



Fonte. Elaborado pelo autor.

Seguindo com dados prospectivos da AP, os principais equipamentos que os produtores pretendem adquirir para efetivar o uso da AP são aos monitores de colheita em 28% dos casos, equipamentos para aplicação em taxa variável de corretivos e fertilizantes em 17% dos casos, equipamentos para taxa variável de sementes e PAT, ambos em 15% dos casos, entre outros equipamentos foram citados com menos frequência (Figura 21).

Figura 21 – Equipamentos de AP que os produtores pretendem adquirir nos próximos dois anos.



Nota. Tamanho do círculo proporcional à frequência.

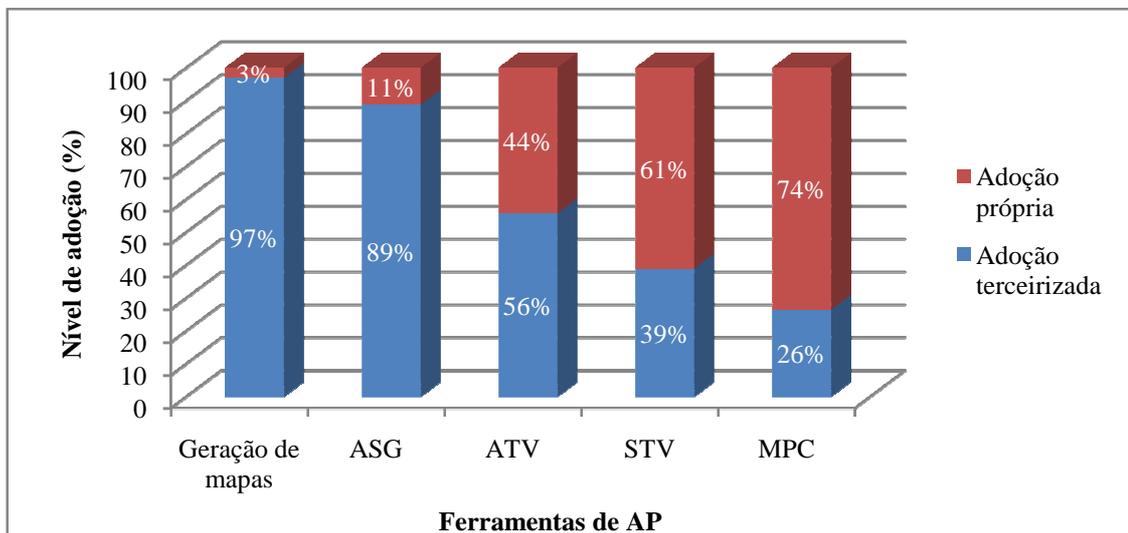
Fonte. Elaborado pelo autor.

Esses dados confirmam o mercado em potencial para difusão da AP mesmo entre aqueles que já adotam alguma ferramenta de AP. No entanto, as empresas de máquinas e equipamentos agrícolas e empresas de terceirização de serviços precisam desenvolver campanhas marketing que tenham o propósito de conquistar esses potenciais clientes e propagar as ferramentas de AP.

As máquinas e equipamentos de AP voltados à operação de colheita são a preferência de compra do produtor rural para dar sequência à adoção da AP. Isso sinaliza a tendência de difusão, principalmente, das ferramentas voltadas à colheita, visto que, 72% dos produtores ainda não adotam mapeamento de colheita.

Os níveis de terceirização das ferramentas de AP estão apresentados na Figura 22. Os serviços com maior percentual de terceirização são a geração de mapas, com 97%, a amostragem de solo georreferenciada, com 89% e a aplicação de corretivos e fertilizantes em taxas variáveis, com 56%. Todos esses serviços são terceirizados em mais de 50% dos casos observados pela pesquisa. A semeadura em taxa variada e a colheita com sensor de produtividade são os serviços com menores índices de terceirização, sendo executados diretamente pelo produtor em 61% e 74% dos casos, respectivamente.

Figura 22 – Percentual da adoção da AP via prestadores de serviços



Fonte. Elaborado pelo autor.

Esses resultados demonstram que o usuário de AP é altamente dependente da terceirização de serviços para adoção da AP. No atual estágio de difusão, as ferramentas mais difundidas estão entre as mais terceirizadas.

A adoção e difusão das ferramentas de ASG e ATV estão diretamente correlacionadas à terceirização desses serviços. Foram identificadas correlações de $r=0,72$ e $r=0,74$, respectivamente (Tabela 3). Portanto, os prestadores de serviços desempenham papel importante no processo de difusão da AP para o cultivo de grãos.

Tabela 3 – Correlações entre adoção e terceirização da amostragem de solo georreferenciada (ASG) e da aplicação em taxa variável de corretivos e fertilizantes (ATV)

V.10 Terceirização	V.6 Adoção	Índice de correlação
ASG	ASG	0,727**
ATV	ATV	0,743**

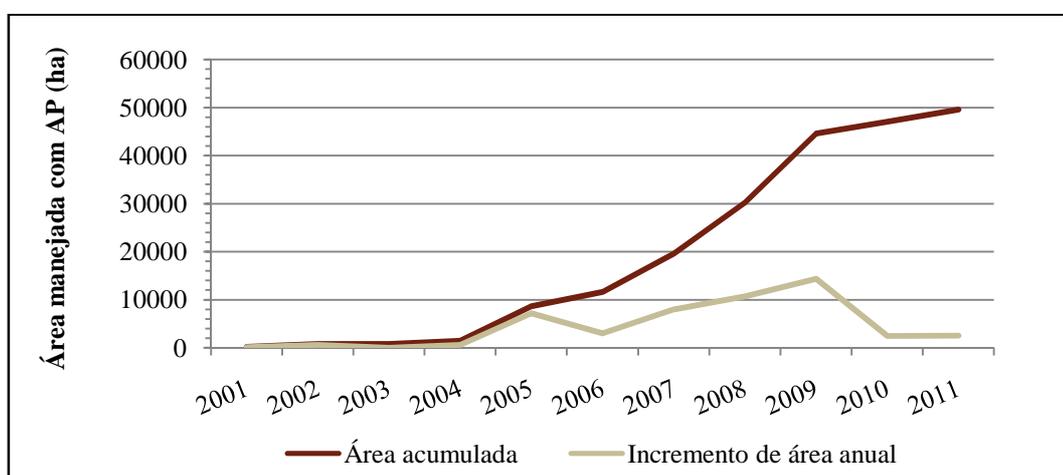
** A correlação é significativa ao nível “ p ”<0,01.

Fonte. Elaborado pelo autor.

Por outro lado, a terceirização dos serviços de ASG e ATV na indústria sucroalcooleira alcança apenas 13% e 6%, respectivamente (SILVA *et al.*, 2011). Isso porque, a indústria tem potencial para investimento, tanto na tecnologia quanto em pessoal qualificado, e necessita de ferramentas para um melhor gerenciamento das áreas de cultivo que compreendem grandes extensões de terra. Assim, a maior parte das empresas que fazem parte da indústria sucroalcooleira acaba executando os serviços de ASG e ATV por conta própria, diferentemente do que foi observado entre os produtores de grãos do RS.

A evolução da área manejada com AP é observada na Figura 23, onde, embora a adoção anual, nem sempre, tenha sido crescente, a área acumulada ao longo do período mostra tendência de crescimento da área manejada com AP.

Figura 23 – Área manejada com agricultura de precisão



Fonte. Elaborado pelo autor.

Foram amostrados 68.509 hectares (ha) através dos adotantes que participaram da pesquisa, destes, 49.514 ha (72%) são cultivados com alguma ferramenta de AP. A média da área que cada produtor cultiva é de 978 ha e a média de área cultivada com AP é 687 ha. No entanto, a amplitude ultrapassa 7 mil ha, com máximo de 7.200 ha e mínimo de 15 ha para área total cultivada e 10 ha para área cultivada com AP. Ou seja, existe alta variabilidade entre o tamanho das propriedades na amostra analisada, Apesar disso, adotam AP, principalmente, os grandes produtores. Embora, os pequenos produtores, com 15 ha, também adotem (Tabela 4).

Tabela 4 – Medidas de frequência do tamanho das áreas cultivadas com agricultura de precisão

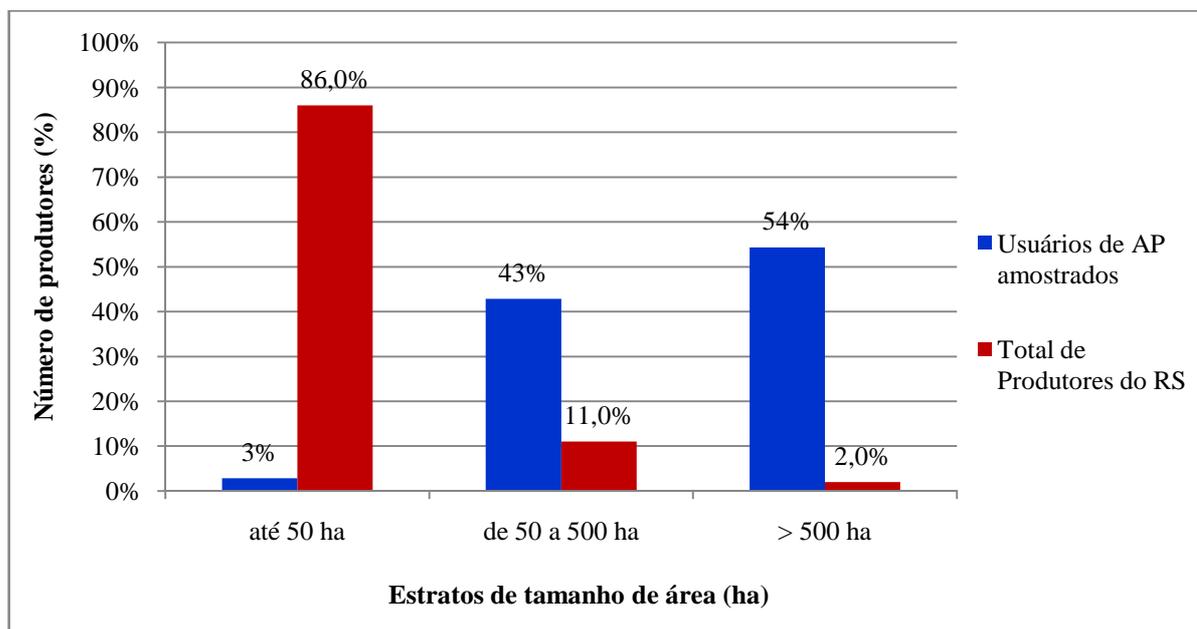
	Área cultivada (Hectares)	Área cultivada c/ AP (Hectares)	Área de AP relativa (%)
Soma	68509,00	49514,00	72
Média	978,70	687,69	
Desvio-padrão	1173,062	1081,619	
Mínimo	15	10	
Máximo	7200	7200	
Percentiis			
25	320,00	120,00	
50	615,00	276,50	
75	1307,50	977,50	

Fonte. Elaborado pelo autor.

Os valores elevados do desvio-padrão já eram esperados, sabendo-se da heterogeneidade da estrutura fundiária do estado. No entanto, conforme é observado nos percentiis, em 50% dos casos o tamanho das propriedades é superior a 615 ha, e em 75% dos casos elas são maiores que 320 ha. Comparativamente a esse resultado, os dados do IBGE (2009) indicam que o tamanho médio das propriedades rurais do RS é de 45,7 ha, sendo que, 91,5% têm menos de 100 hectares e apenas 2% das propriedades rurais do estado têm mais de 500 hectares. Isso revela que os adotantes de AP cultivam grandes extensões de terra quando comparados à estrutura fundiária do estado.

Estratificando os usuários de AP de acordo com as três classes de tamanhos de propriedades utilizadas pelo IBGE, é possível perceber a diferença entre público amostrado e os produtores do estado (Figura 24).

Figura 24 – Estrutura fundiária apresentada pelos adotantes de AP comparativamente à estrutura fundiária do estado do Rio Grande do Sul



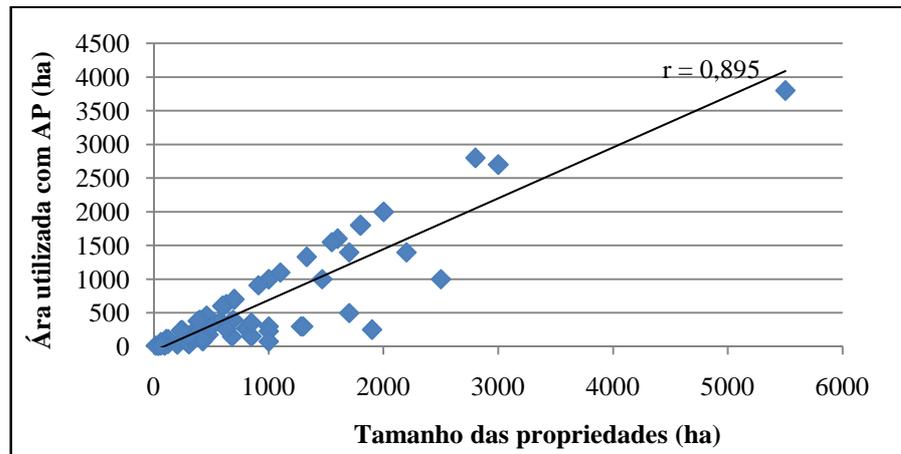
Fonte. Elaborado pelo autor com base nos dados de campo e dados do IBGE, 2009.

Enquanto o maior número dos produtores do estado se enquadra na classe de menor tamanho de propriedades (até 50 ha), os produtores que usam a AP estão concentrados na classe que compreende propriedades maiores de 500 ha. Segundo pesquisa desenvolvida por (REICHARDT; JÜRGENS, 2009) com agricultores alemães, a média de tamanho das propriedades dos adotantes de AP foi de 355 hectares.

A área destinada para o cultivo com AP é menor que a área total cultivada. No entanto, a média cultivada com AP permanece elevada, atingindo os 687 ha. Em 50% dos casos, a área cultivada com AP é maior que 276 ha. Estratificando os usuários de AP em dois grupos, com mais e com menos de 500 ha de área total cultivada, é possível observar que 42% dos produtores com propriedades maiores que 500 ha adotam a AP integralmente, ou seja, em 100% da área. Entre os produtores com propriedades menores que 500 ha, a proporção daqueles que adotam AP em toda a área cai para 26%. Assim, é possível inferir que os produtores com maiores propriedades são mais propensos a utilizar a AP em toda a área da propriedade.

Na Figura 25, está ilustrada a associação das áreas cultivadas com AP em relação ao tamanho das propriedades. O índice de correlação, $r=0,89$, revelou um alto grau de associação positiva entre as duas variáveis analisadas. A partir desse resultado, é possível inferir que a área utilizada com AP é maior quanto maior for o tamanho da propriedade rural.

Figura 25 – Correlação entre o tamanho da propriedade e a área utilizada com AP

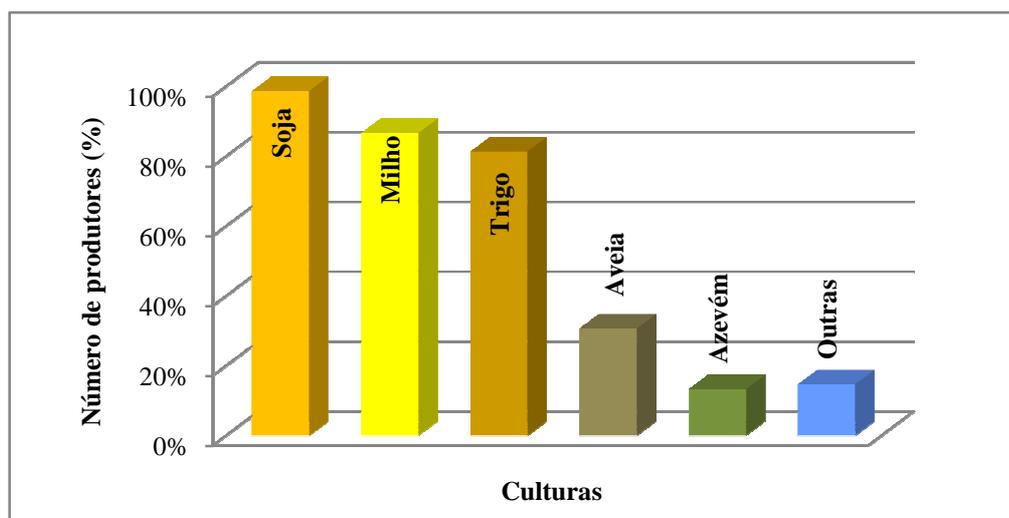


Fonte. Elaborado pelo autor.

Os dados apresentados confirmam a tendência de que os grandes agricultores são os primeiros a investir em novas tecnologias, enquanto os pequenos são mais relutantes. O que corrobora com as conclusões de Pedersen (2003) e Daberkow e McBride (2003), de que há relação positiva entre o tamanho de propriedade e a adoção da AP.

As principais culturas onde se aplica a AP são a soja, o milho e o trigo (Figura 26). Esse resultado é reflexo do sistema de cultivo predominante no estado do RS. Assim, considera-se que outras culturas, como a aveia e o azevém, se beneficiam indiretamente da aplicação da AP nas culturas principais.

Figura 26 – Culturas manejadas com AP



Fonte. Elaborado pelo autor.

A AP é utilizada no cultivo da soja em 99% dos casos, no cultivo do milho em 82% dos casos e no cultivo trigo em 79% dos casos. Outras culturas, como arroz, canola, girassol,

cevada e feijão, também foram citadas, porém, em menor frequência. A ocorrência predominante do cultivo de grãos entre adotantes de AP, em relação a outros cultivos encontrados no estado ou mesmo do país, se justifica devido na região geográfica de concentração dos respondentes, metade norte do estado do RS, a qual tem tradição na produção de grãos.

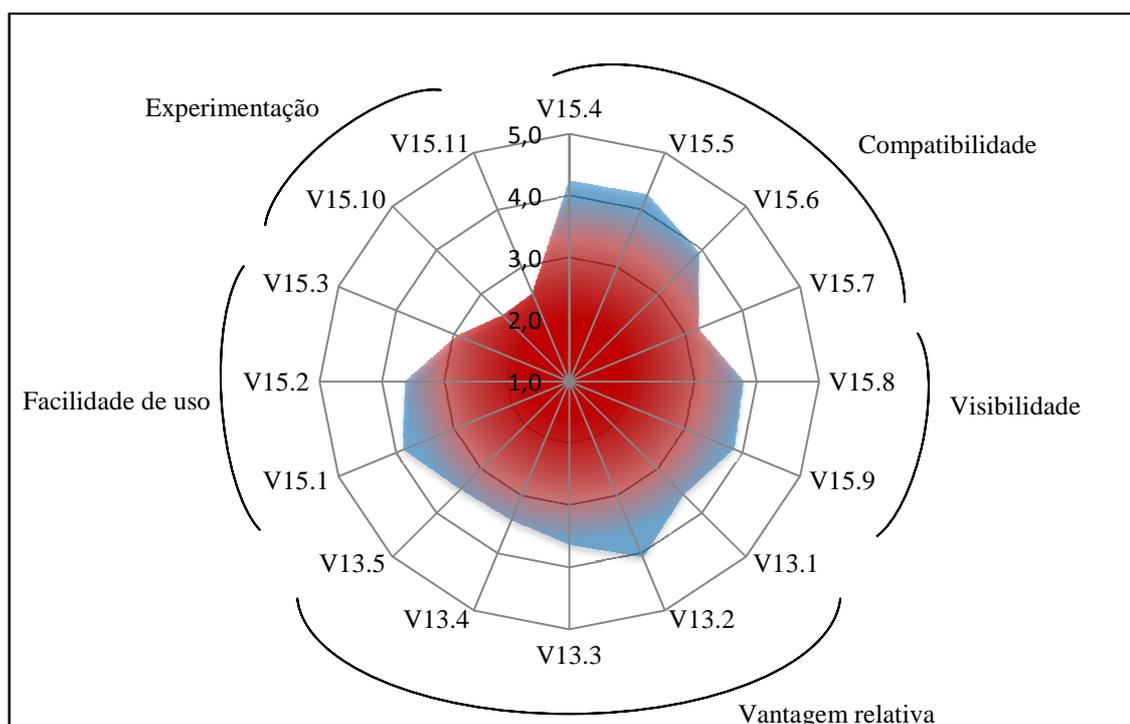
Os dados apresentados nessa seção descrevem o cenário da adoção e difusão da AP no estado do RS. Ainda que a amostra não seja estatisticamente representativa do todo do estado, considera-se que os dados refletem condição muito próxima à realidade do estado para a adoção da AP.

4.3 FATORES DE ADOÇÃO E DIFUSÃO DA AGRICULTURA DE PRECISÃO

4.3.1 Atributos tecnológicos

A percepção dos adotantes de AP foi mensurada por uma série de variáveis que representam cinco atributos tecnológicos gerais das inovações: compatibilidade, visibilidade, vantagens relativas, facilidade de uso e possibilidade de experimentação (Figuras 27 e 28).

Figura 27 – Valor médio das variáveis que representam os atributos tecnológicos



Nota. Valores em escala Likert de 5 pontos.

Fonte. Elaborado pelo autor.

Todas as variáveis tiveram valores médios superiores a 2,5 e inferiores a 4,3 em escala Likert de cinco pontos. As variáveis que medem “compatibilidade” foram as que tiveram maiores valores atribuídos, enquanto as que medem “experimentação” tiveram os menores valores. Segundo Rogers (2003), quanto melhor for a percepção do produtor em relação às características da inovação, maior o potencial que estas têm para contribuir no processo de adoção e difusão da inovação.

Realizou-se uma análise fatorial com o propósito de confirmar o agrupamento dessas variáveis em fatores que representassem os cinco atributos tecnológicos já confirmados por Rogers (2003) e Moore e Benbasat, (1991), em estudos aplicados à difusão de outras tecnologias. Segundo esses autores, os cinco atributos tecnológicos explicam de 49% a 87% da taxa de adoção de uma inovação, revelando a grande dependência que a adoção tem das características tecnológicas da inovação.

A análise fatorial, apresentada na Tabela 5, agrupou as variáveis originais em cinco fatores que, juntos, explicam 69,45% da variação nas variáveis originais.

Tabela 5 – Matriz de fatores tecnológicos da AP.

Variáveis originais observadas	Fatores					Total
	Vant. Relat.	Comp.	Exp.	Fac. De Uso	Visib.	
V13.5 Melhores condições de trabalho	,900					
V13.4 Preservação do meio-ambiente	,845					
V13.1 Melhoria no gerenciamento	,810					
V13.3 Redução dos custo de produção	,656					
V13.2 Aumento de produtividade	,575					
V15.6 Agricultura de precisão é compatível com o nível tecnológico praticado na minha fazenda.		,760				
V15.5 A agricultura de precisão se encaixa bem com a maneira que eu gosto de produzir.		,729				
V15.4 Eu gosto de trabalhar com equipamentos modernos.		,686				
V15.10 Antes de usar eu pude experimentar corretamente a agricultura de precisão.			,866			
V15.11 Tive várias oportunidades de testar aplicações para a agricultura de precisão			,851			
V15.2 É difícil de aprender a usar as ferramentas de agricultura de precisão.				,808		
V15.3 As máquinas e equipamentos de agricultura de precisão são complicados de serem calibrados.				,740		
V15.1 Somente especialistas entendem como a agricultura de precisão funciona.				,634		
V15.8 É fácil observar os resultados da agricultura de precisão.					,788	
V15.9 Não tenho dificuldades em dizer aos outros sobre os resultados da agricultura de precisão.					,463	
Variância explicada (%)	22,3%	13,9%	12,4%	11,3%	9,5%	Total 69,45%

Nota. Método de extração: análise de componentes principais. Método de rotação: VARIMAX.
Fonte. Elaborado pelo autor.

A partir desse resultado, é possível afirmar que os cinco fatores refletem a percepção captada no conjunto de variáveis originais. Considera-se também, que o modo como as variáveis foram analisadas, através da análise fatorial exploratória, permitiu corroborar os atributos tecnológicos da inovação abordados na teoria da difusão da inovação por Rogers (1962) e Moore e Benbasat, (1991).

Foram consideradas, para composição dos fatores, cargas fatoriais acima de 0,5 (HAIR *et al.*, 2005), a exceção da V15.9, que foi preservada no fator visibilidade por ter carga próxima ao ponto de corte e estar carregada no fator desejado. A amostra utilizada pela pesquisa mostrou-se apropriada para a execução da análise fatorial, já que o valor do teste de adequação da amostra foi de KMO= 0,794.

Ao verificar a confiabilidade estatística dos fatores, através da aplicação do teste de Cronbach, foram considerados confiáveis aqueles fatores que apresentaram alfa maior que seis (HAIR, *et al.*, 2005). Quatro dos cinco fatores atingiram valores superiores ao ponto de corte e foram considerados confiáveis para medir os atributos tecnológicos da AP (Tabela 6). No entanto, o fator “facilidade de uso” não foi considerado estatisticamente confiável para medir aquilo que se propunha e merece maior atenção no caso de repetição desse estudo. Apesar disso, optou-se por considerar o conjunto de variáveis que representam a “facilidade de uso” como um fator, devido ao alfa calculado (0,576) estar muito próximo ao ponto de corte (0,6), sobre tudo, levou-se em consideração que o fator havia sido validado na teoria da difusão da inovação.

Tabela 6 – Teste de Cronbach para os fatores extraídos pela análise fatorial.

	Atributos tecnológicos	Fatores				
		Vant. Relat.	Comp.	Exp.	Fac. De Uso	Visib.
Alfa de Cronbach	0,809	0,871	0,686	0,754	0,576	0,641

Fonte. Elaborado pelo autor.

Ademais, foi simulado um constructo geral medindo “atributos tecnológicos”, composto por todas as variáveis utilizadas na análise fatorial. O alfa desse constructo foi de 0,809, considerado um valor “muito bom” por Hair *et al.* (2005). Logo, esse foi considerado confiável para medir os atributos tecnológicos da AP.

Comprovada a similaridade dos constructos com a teoria da difusão da inovação e considerando a importância desses atributos como determinantes no processo de adoção,

buscou-se mensurar o efeito da percepção do adotante de AP, referente a cada atributo, em relação à variável “satisfação”.

O modelo de regressão linear múltipla apresentado na Tabela 7 revelou que 48,2% da satisfação do produtor rural com a AP pode ser explicada por quatro fatores tecnológicos: vantagens relativas, compatibilidade, experimentação e visibilidade; o fator facilidade de uso não foi significativo para explicar a satisfação. Adrian (2006), também não encontrou uma relação direta entre fator facilidade de uso e a adoção da AP, mas, observou que, a facilidade de uso se reflete na percepção dos benefícios da tecnologia. A baixa representatividade do fator facilidade de uso pode ser atribuída, em parte, aos tipos de ferramentas de AP predominantemente adotados pelos produtores entrevistados na pesquisa. Por tratar-se de ferramentas adotadas via prestadores de serviços, ou seja, que não são executados diretamente pelo produtor ou sua equipe, a preocupação do produtor com a facilidade ou não no uso da ferramenta pode ficar em segundo plano.

Tabela 7 – Resultados do modelo de regressão linear múltipla para os escores dos cinco fatores tecnológicos

Modelo de regressão para o conjunto dos cinco fatores tecnológicos.	
Coefficiente R² padronizado	
0,482**	
Variáveis independentes (fatores)	Coefficientes padronizados Beta
Vantagem relativa	0,461**
Visibilidade	0,442**
Compatibilidade	0,274*
Experimentação	0,179*
Facilidade de uso	0,037

Nota. Variável dependente, V.18. Satisfação. ** Significante ao nível de $p < 0,01$. * Significante ao nível de $p < 0,05$.

Fonte. Elaborado pelo autor.

Desta forma, a satisfação do adotante de AP depende dos atributos tecnológicos “vantagens relativas”, “compatibilidade”, “experimentação” e “visibilidade”, e não das características do produtor, como idade, escolaridade, tempo de uso, tamanho de área cultivada, entre outras, pois não foram encontradas associações significativas entre essas últimas e a satisfação do produtor. Desta maneira, o modelo de regressão linear múltipla

revelou uma causalidade que vai ao encontro da generalização apresentada na teoria da difusão da inovação, na qual os mesmos atributos tecnológicos, mais a facilidade de uso, são os principais responsáveis pela variação na taxa de adoção de uma inovação e explicam entre 49% a 87% da variação (ROGERS, 2003).

Estabelecem-se assim, importantes informações sobre os atributos tecnológicos da AP, as quais merecem atenção das indústrias envolvidas com a AP devido ao impacto dos atributos tecnológicos sobre a satisfação dos adotantes. Nesse sentido, tornam-se imprescindíveis ações que melhorem as características da tecnologia e a percepção dos adotantes sobre as mesmas, com a finalidade de potencializar a adoção da AP. Campanhas de marketing que apresentem de forma clara as vantagens proporcionadas pela nova tecnologia, demonstrações práticas evidenciando a facilidade de uso, desenvolver máquinas com preços mais acessíveis ao pequeno e médio produtor e oferecer cursos de capacitação aos produtores para que eles operem adequadamente as máquinas e passem a usufruir do potencial que a tecnologia oferece, são algumas possibilidades de ações a serem desenvolvidas.

Dentre os fatores tecnológicos apresentados na Tabela 7, o fator vantagem relativa foi o que apresentou maior capacidade de explicação sobre a variação na “satisfação” ($\beta = 0,461$). Esse também foi o fator com maior potencial explicativo nos estudos de Lindner (1987), Moore e Benbasat, (1991) e Rogers (2003), fato que corrobora a afirmação de que quanto mais vantagens a inovação oferece, mais propensa à adoção ela está (LINDNER, 1987).

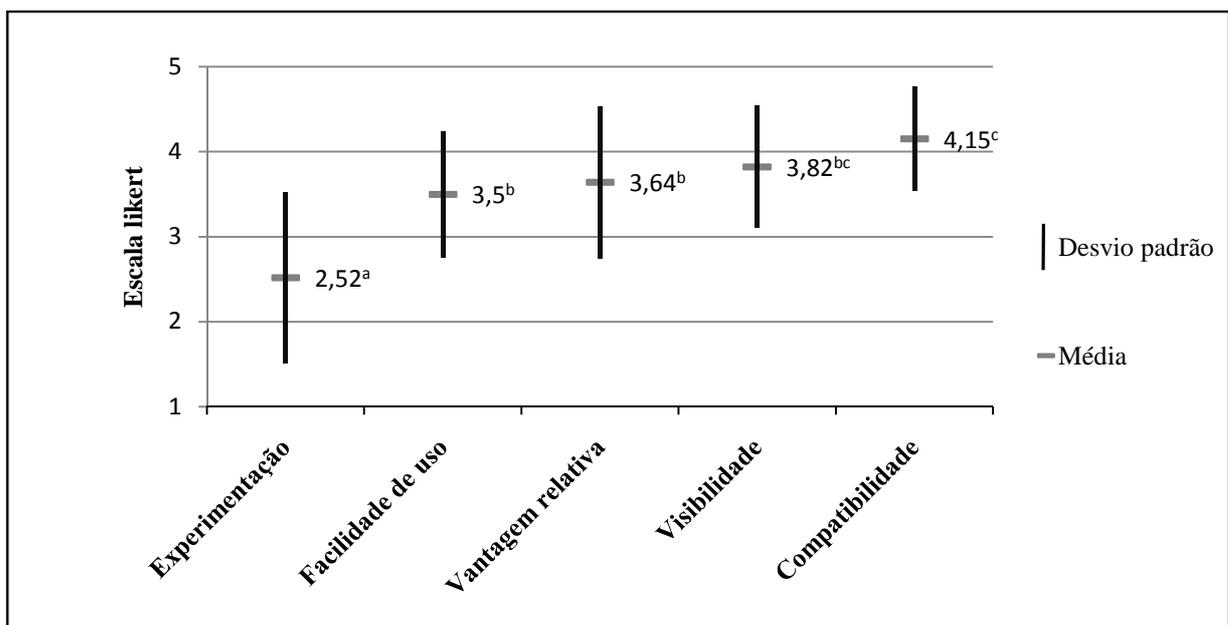
Na sequência, aparece o fator visibilidade ($\beta = 0,442$). Esse fator indica que os adotantes de AP conseguem observar e transmitir aos outros indivíduos os resultados do uso dessa tecnologia, apesar de estudos apontarem esse fator como o de menor potencial de relação com a adoção. A possível explicação para a importância percebida nesse fator pode estar no caráter dos adotantes. O adotante inovador é um entusiasta, cosmopolita, preza por ter acesso à inovação e tem destaque social, o que facilita transmitir os resultados alcançados. Contudo, considera-se que a AP apresenta resultados facilmente observáveis, o que contribui para o processo de adoção dessa tecnologia.

O fator compatibilidade teve menor potencial explicativo ($\beta = 0,274$) comparado aos fatores vantagem relativa e visibilidade. Enquanto que, na teoria da difusão da inovação Rogers (2003) estabelece a compatibilidade como sendo o segundo fator de maior potencial para interferir na taxa de adoção de uma inovação. Apesar disso, entende-se que a AP é compatível com as necessidades e com a maneira que o adotante gosta de produzir. O que pode ser confirmado também, através dos dados apresentados na Figura 28.

Quanto ao fator experimentação, esse tem maior importância no processo de adoção entre os adotantes iniciais (RYAN, 1948;). Por outro lado, a “experimentação” teve baixa capacidade de explicação da satisfação entre os produtores amostrados ($\beta = 0,179$). Rogers (2003) ressalta que esse fator tem menos impacto sobre a adoção a medida que a tecnologia torna-se mais difundida, pois é cada vez menor a necessidade de experimentá-la para reduzir a incerteza.

A análise dos escores de fatores somados, representados pela média de cada atributo, permite a interpretação sem associação destes com uma variável específica (Figura 28). Portanto, de acordo com a teoria da difusão da inovação e com os dados aqui apresentados, os fatores têm relação causal com a adoção da inovação. Quanto melhor for a percepção dos produtores a respeito desses fatores maior tende a ser a taxa de adoção da tecnologia.

Figura 28 – Valores médios para percepção dos produtores rurais quanto aos fatores tecnológicos da AP



Nota: ^{a,b,c} Teste de diferença de médias ANOVA.: médias seguidas de mesma letra não são diferentes ao nível de significância de 1% pelo teste de Tukey; valores Likert próximos de 5 expressam percepção mais favorável aos fatores tecnológicos, enquanto valores que tendem a 1 são menos favoráveis.

Fonte. Elaborado pelo autor.

As médias revelam a percepção do adotante sobre os cinco atributos tecnológicos da AP. Quatro fatores tiveram médias superiores a 3, enquanto um fator teve média inferior a 3, na escala Likert de cinco pontos.

O fator compatibilidade, o qual expressa a percepção do adotante sobre a compatibilidade da AP com as suas necessidades, com a maneira que gosta de trabalhar e com o nível tecnológico empregado na fazenda, foi o atributo mais favorável à adoção (média =

4,15). Rogers (2003) identificou a compatibilidade como o segundo atributo na ordem de importância para a adoção de uma inovação. Assim, a adoção da AP parece não encontrar resistência nesse atributo.

A “visibilidade” teve média igual a 3,82, a “vantagem relativa” média 3,64, e “facilidade de uso” média de 3,5. Embora exista diferença numérica entre as médias, elas não podem ser consideradas diferentes estatisticamente pelo teste de médias ANOVA. Assim, esses escores indicam percepção positiva da AP.

A expectativa sobre fator facilidade de uso era que esse recebesse escores mais baixos e confirmasse a dificuldade de uso da AP. De fato, a média para este atributo foi mais baixa numericamente, porém estatisticamente igual à vantagem relativa e à visibilidade, para os quais se esperava percepção mais positivas. É possível que a facilidade de uso das ferramentas de AP não seja percebida pelos usuários como um limitante à adoção da tecnologia ou com um maior nível de complexidade, devido aos serviços mais utilizados serem terceirizados, não demandando conhecimentos aprofundados dos produtores rurais. Rogers (2003) ressalta que esse fator pode estar relacionado com o grau de escolaridade do adotante. No entanto, não foram observadas correlações significativas entre o fator visibilidade e a característica nível de escolaridade.

Embora o conhecimento técnico permita perceber possíveis erros envolvidos na aplicação da AP, desde a coleta de dados, processamento, interpretação, até a recomendação e intervenção, além do tempo despendido e da necessidade de uma compreensão holística dos dados e informações coletadas, no momento em que a AP é adotada pelo produtor rural este não tem a percepção nesse nível de detalhe e não percebe a complexidade que envolve a tecnologia.

Diferente dos atributos comentados até aqui, a experimentação da AP teve a menor média entre os cinco fatores, 2,5. Nesse atributo, o produtor foi convidado a responder quanto à possibilidade de experimentar as tecnologias de AP antes de adquiri-las. No entanto, é compreensível a dificuldade da indústria em proporcionar ao produtor essa experimentação, o que impacta retardando o processo de adoção e difusão da AP. Sabendo da dificuldade da indústria em proporcionar a experimentação e entendendo que os adotantes tardios não vêem esse como atributo importante, sugere-se à indústria ações que levem a uma melhor percepção sobre os outros fatores e não à experimentação, já que com a difusão das ferramentas a incerteza será minimizada.

Cabe destacar ainda, a variação de percepção dentre os fatores tecnológicos. O desvio-padrão revelou a falta de homogeneidade entre as respostas (Figura 28). Considerando as

afirmações de Rogers (2003) e Moore e Benbasat, (1991), onde o público em fase de adoção inicial tem perfil diferente daqueles que adotam a tecnologia tardiamente (adotantes tardios e céticos, avessos ao risco, com menor nível de instrução, menor renda e menores áreas de terra), é provável que a percepção dos produtores com menor caráter inovador seja diferente da percepção observada na amostra considerada nessa pesquisa. Dada essa percepção diferenciada, esforços para tornar a AP mais atrativa quanto aos seus atributos tecnológicos devem trazer bons resultados à difusão desta, visto o poder de influência dos fatores tecnológicos na satisfação dos usuários.

De qualquer forma, as características da tecnologia têm contribuído para o processo de adoção e difusão da AP como uma inovação. No entanto, entende-se que há espaço para melhoria desses atributos, onde os mesmos tenham maior poder na fase de persuasão do processo decisório.

A partir desse trabalho, surge a necessidade de entender a percepção dos não adotantes de AP quanto às características da tecnologia analisadas nesta pesquisa. Assim, será possível confrontar a percepção dos adotantes e dos não adotantes e traçar melhores estratégias em favor da difusão da AP.

4.3.2 Análise por estratos de adotantes

São apresentadas, na Tabela 8, algumas das principais correlações estatisticamente significativas entre variáveis observadas na pesquisa. De modo geral, as principais correlações encontradas indicam associação de grau moderado entre características dos produtores rurais.

Aliado aos fatores tecnológicos analisados pelo modelo de regressão, a satisfação com AP também está associada ao número de ferramentas utilizadas pelos produtores ($r=0,280$). Assim, quanto mais ferramentas de AP o produtor utiliza, mais satisfeito ele se considera. Essas condições nos remetem à dependência ou complementaridade entre as ferramentas de AP e a consolidação de um ciclo ou sistema de AP. À medida que este é executado de maneira mais completa, é possível alcançar resultados mais satisfatórios, representado aqui em satisfação do usuário.

Tabela 8 – Correlações entre variáveis

Variável “x”	Variável “y”	Coefficiente de correlação “r”
Número de ferramentas	V.21_Investimento em AP	0,524**
V.21_Investimento em AP	V.20_renda	0,500**
Número de ferramentas	Área cultivada	0,495**
V.20_Renda	Área Cultivada	0,465**
Número de ferramentas adotadas	V.5_anos de uso	0,421**
Compatibilidade (fator tec.)	V.21_investimento em AP	0,399**
Número de ferramentas adotadas	V.20_renda	0,371**
Número de ferramentas adotadas	Compatibilidade (fator tec.)	0,366**
V.5_Anos de uso de AP	V.20_renda	0,364**
V.18_Satisfação com AP	Número de ferramentas	0,280*
V.5_anos de uso	Área cultivada	0,274*
V.23_escolaridade	V.22_idade	-0,273*

** Correlação significativa ao nível de $p < 0,01$. * Correlação significativa ao nível de $p < 0,05$.
 Fonte. Elaborado pelo autor.

O único fator tecnológico que apresentou associação com características dos adotantes foi o fator compatibilidade. O coeficiente de correlação entre “compatibilidade” e “investimento” em AP foi de $r=0,399$, e entre “compatibilidade” e o número de ferramentas foi de $r=0,366$. Esses coeficientes significam associação fraca, mas definida entre as duas variáveis.

Os demais fatores tecnológicos e não apresentaram correlação significativa com as características dos produtores. Portanto, considera-se que os fatores tecnológicos não estão associados às características dos produtores.

Investimento em AP e renda do produtor rural estão correlacionados positivamente ($r=0,500$), ou seja, quanto maior a renda do produtor, mais ele tende a investir em AP. Consequentemente, quanto mais é investido, maior é o número de ferramentas de AP adotadas ($r=0,524$) e quanto maior o retorno econômico, maior é o número de ferramentas que o produtor adota ($r=0,371$).

O número de ferramentas também apresentou relação positiva com o tamanho da área cultivada ($r=0,495$) e anos de uso de AP ($r=0,421$). Logo, quanto maior a área de cultivo, mais ferramentas de AP o produtor está adotando. Do mesmo modo, os produtores que adotam AP há mais tempo adotam mais ferramentas. Renda e tamanho de área cultivada apresentaram correlação positiva moderada ($r=0,465$), enquanto idade e escolaridade tiveram correlação

negativa, embora fraca ($r = -0,273$). Isto significa que, quanto maior a renda, maior a área cultivada e, quanto maior a idade, menor o nível de escolaridade.

A variação conjunta entre renda, área, investimento e tempo de uso, assim como as fontes de informação acessadas e o grau de escolaridade elevado, evidenciam características intrínsecas aos indivíduos que percorreram o processo de decisão da inovação rapidamente. Na sequência da curva de difusão da inovação estão adotantes com menor caráter inovador, os quais compõem uma categoria com maior número de adotantes, sendo Rogers (2003).

Com o propósito de identificar diferenças de percepção entre os produtores rurais, foram analisadas as médias dos fatores tecnológicos para diferentes estratos de características dos produtores (Tabela 9). Assim, adotantes pertencentes aos estratos superiores em número de ferramentas adotadas, área cultivada, anos de uso e renda, atribuíram escores mais elevados para os atributos tecnológicos da AP. No entanto, as médias não foram consideradas diferentes estatisticamente em nível de significância de $p < 0,05$, evidenciando que os diferentes estratos de produtores têm a mesma percepção para fatores tecnológicos, a exceção do fator compatibilidade.

Tabela 9 – Teste de médias dos fatores tecnológicos para diferentes estratos

Estratos	Fatores Tecnológicos (Likert)				
	Vantagem relativa	Compatibilidade	Experimentação	Facilidade de uso	Visibilidade
Adota até 2 ferramentas	3,4	3,9*	2,6	3,5	3,8
Adota mais de 2 ferramentas	3,7	4,3*	2,5	3,5	3,8
Cultiva até 500 ha	3,5	4,0	2,4	3,4	3,7
Cultiva mais de 500 ha	3,8	4,2	2,6	3,5	3,9
Adota AP há 3 anos ou menos	3,5	4,0*	2,4	3,4	3,8
Adota AP há mais de 3 anos	3,8	4,4*	2,7	3,7	3,9
Renda inferior a 1 milhão de Reais	3,7	4,1	2,5	3,3*	3,7
Renda superior a 1 milhão de Reais	3,6	4,2	2,5	3,6*	3,9

Nota: Valores médios em escala Likert de 5 pontos. *ANOVA significativa ao nível de $p < 0,05$.
Fonte. Elaborado pelo autor.

O fator compatibilidade foi o único que apresentou diferença estatística entre médias para número de ferramentas adotadas (adota até 2 ferramentas, 3,9; adota mais de 2 ferramentas, 4,3) e anos de uso (adota AP há 3 anos ou menos, 4,0; adota AP há mais de 3

anos, 4,4). Assim, os adotantes que utilizam maior número de ferramentas e que estão usando há mais tempo a AP percebem maior compatibilidade das ferramentas. O fator facilidade de uso apresentou diferença entre as médias para os estratos de renda (renda inferior a 1 milhão de reais, 3,3; renda superior a 1 milhão de reais, 3,6). De acordo com a renda, o produtor considera a AP mais fácil de ser utilizada.

As características dos produtores, analisadas sob os diferentes estratos, apresentaram médias estatisticamente diferentes, a exceção das médias para satisfação. Embora a “satisfação” tenha apresentado médias numericamente maiores para estratos superiores, estas não diferiram estatisticamente (Tabela 10).

Tabela 10 – Teste de médias das características dos produtores rurais para diferentes estratos

Estratos	Características dos produtores rurais				
	Renda (Likert)	Anos de uso (anos)	Número de ferramentas adotadas (N ^o)	Área cultivada (ha)	Satisfação (Likert)
Utiliza até 2 ferramentas	3,5**	2,9	1,8**	435**	3,9
Utiliza mais de 2 ferramentas	4,3**	3,9	3,9**	1245**	4,1
Cultiva até 500 ha	3,2**	2,4**	2,4**	267**	3,9
Cultiva mais de 500 ha	4,9**	4,2**	3,8**	1577**	4,1
Adota AP há 3 ou menos	3,8**	2,2**	2,8**	729*	3,9
Adota AP há mais de 3 anos	4,6**	5,7**	3,9**	1376*	4,2
Renda inferior a 1 milhão de Reais	3**	2,4**	2,6**	322**	3,9
Renda superior a 1 milhão de Reais	5**	4,5**	3,8**	1532**	4,1

Nota: Valores médios para características dos produtores alocadas nos respectivos estratos.

* ANOVA significativa ao nível de $p < 0,05$. ** ANOVA significativa ao nível de $p < 0,01$.

Fonte. Elaborado pelo autor.

Destaca-se a mudança de perfil dos adotantes que têm adotado a AP recentemente (até 3 anos de uso) em relação àqueles que adotam há mais tempo (mais de 3 anos de uso). Aqueles que têm adotado AP recentemente apresentam menor renda, adotam basicamente duas ferramentas de AP (enquanto os mais antigos adotam próximo de quatro ferramentas), o tamanho da área de cultivo é praticamente a metade em comparação aos que adotam há mais tempo e a satisfação com a tecnologia é igual entre os grupos, ou seja, esta última independente do tempo de uso da AP.

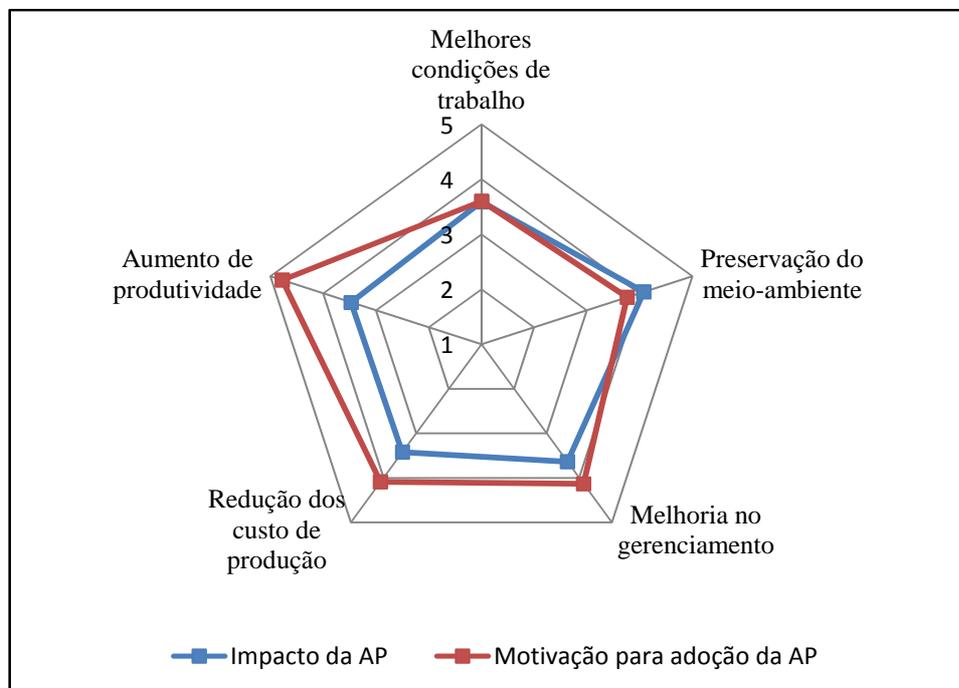
Portanto, os adotantes que pertencem aos estratos superiores quanto ao número de ferramentas adotadas, área cultivada, anos de uso e renda, apresentam mais tempo de uso, maior número de tecnologias adotadas, maior renda e possuem maiores áreas cultivadas. Isso revela que, os produtores apresentam características socioeconômicas diferentes entre os estratos analisados. No entanto, as médias da “satisfação” não foram consideradas estatisticamente diferentes entre estratos, confirmando que satisfação está associada aos atributos tecnológicos da AP e não às características do produtor.

Na sequência está apresentada a última seção deste capítulo de resultados, a qual trata dos motivos, impactos e entraves relacionados à adoção da AP.

4.4 MOTIVAÇÃO, IMPACTOS E ENTRAVES DA ADOÇÃO DA AP

Os motivos que o produtor rural considera ao adotar a AP e os impactos gerados após a sua adoção foram analisados sob diferentes aspectos: produtividade, custos, condições de trabalho, meio-ambiente e gerenciamento (Figura 29).

Figura 29 – Comparativo entre motivação e impacto da adoção da AP



Nota: Valores em escala Likert de cinco pontos, 5 para “muito relevante” e 1 para “sem relevância”.
Fonte. Elaborado pelo autor.

A partir da análise conjunta dos motivos e impactos da adoção AP, foi possível observar escores mais elevados para os motivos que para os impactos. Assim, considera-se

que os impactos da AP não tiveram o mesmo grau de relevância que aquele levado em conta no momento da adoção, o que pode ser resultado da falta de eficiência da tecnologia ou do excesso de expectativa quanto aos benefícios da AP. De qualquer forma, o fato dos impactos da AP serem percebidos com menor grau de relevância pode desestimular a adoção retardando o processo de difusão dessa tecnologia.

O motivo que o produtor considerou mais importante para adotar a AP foi a possibilidade de aumento de produtividade das lavouras, atingindo média de 4,8 na escala Likert de cinco pontos. Redução dos custos e melhoria no gerenciamento aparecem logo na sequência, com média 4,1 para ambos, ou seja, foram considerados também como importantes motivos para se adotar a AP. A preservação do meio-ambiente e a melhoria nas condições de trabalho tiveram escores médios de 3,8 e 3,6, respectivamente, e foram menos prioritários que os aspectos listados anteriormente. Por outro lado, Reichardt e Jürgens (2009) apresentam como principais motivos para adoção da AP entre os produtores alemães o incremento no lucro e benefícios ao meio ambiente, seguidos de incremento de produtividade e conhecimento detalhado da lavoura.

Considerando que, os investimentos em inovação se justificam quando existe a necessidade de obter resultados superiores ou de solucionar um problema (BOSERUP, 2005; ROGERS, 2003), os motivos apontados para a adoção da AP, até o presente momento, se justificam, principalmente, no intuito de resolver os problemas de produtividade e custos, melhorando o retorno econômico do produtor rural.

Estudos realizados em seis estados dos EUA também apontaram incremento no lucro e benefícios ao meio ambiente (escores médios de 4,5 e 3,8, respectivamente, na escala Likert de cinco pontos) como os fatores que mais influenciaram a decisão dos produtores em adotar a AP (ROBERTS *et al.*, 2001).

Apesar da preservação do meio-ambiente estar presente nos debates das questões ligadas ao agronegócio, o aspecto ambiental ainda não é visto pelos produtores brasileiros com a mesma preocupação que é visto pelos produtores europeus e norte americanos. De acordo com os motivos da adoção apresentados pelos produtores analisados nessa pesquisa, comparados aos motivos observados na Alemanha, por Reichardt e Jürgens (2009), e nos EUA, por Roberts *et al.* (2001), os problemas ambientais e as necessidades dos produtores nesses países, são diferentes das encontradas no Brasil.

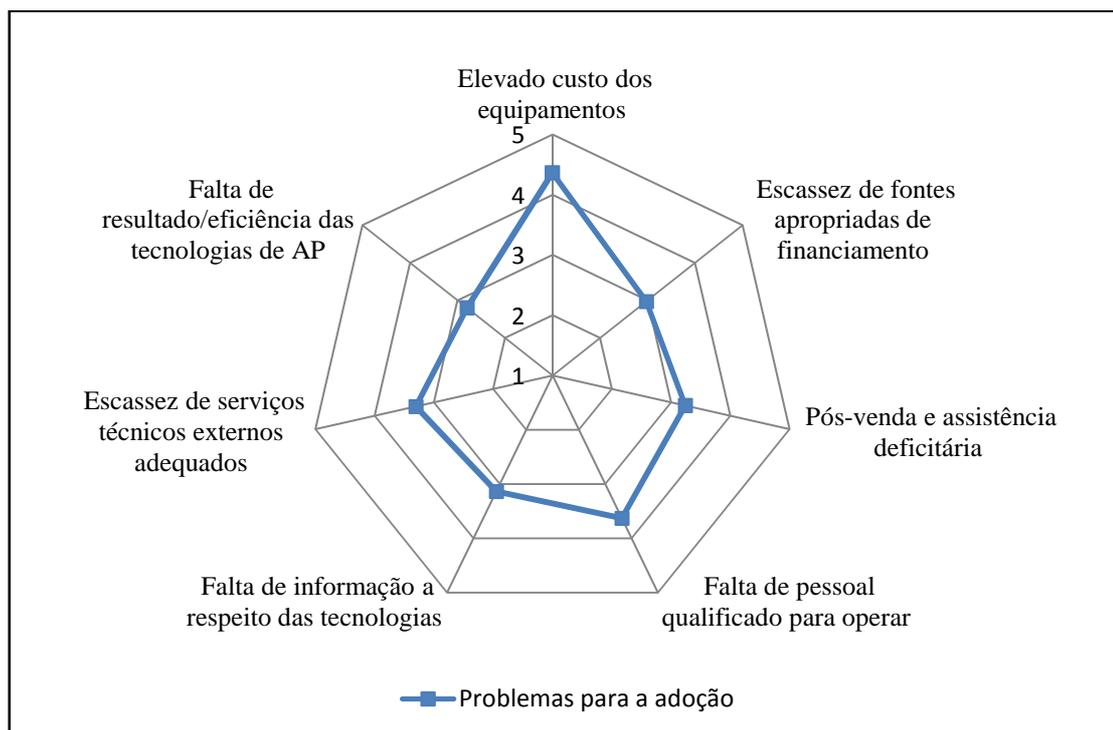
Não obstante, cientes da finitude dos recursos ambientais, os adotantes de AP apontaram a preservação do meio-ambiente como principal impacto decorrente da adoção da AP (média = 4,08). A exceção do fator ambiental, os demais aspectos observados

apresentaram escores menores para impactos do que para motivação, ou seja, não tiveram o mesmo grau de relevância considerado para adoção da AP.

A diferença mais acentuada foi observada para o aumento da produtividade, onde a média da motivação foi de 4,8 e do impacto 3,5. Logo, o impacto da AP sobre a produtividade foi menor que o produtor esperava. A diferença foi expressiva também nos aspectos da redução dos custos e melhoria no gerenciamento. Salienta-se que, a “melhoria da gestão” foi considerada impacto mais relevante decorrente da adoção da AP na indústria sucroalcooleira paulista, segundo Silva *et al.* (2011).

Ao serem perguntados sobre os problemas enfrentados para adotar a AP (Figura 30), os produtores atribuíram maior relevância para “elevados custos dos equipamentos de AP”, com média de 4,36, seguido da “falta de pessoal qualificado” para operar máquinas e equipamentos, alcançando média de 3,62.

Figura 30 – Problemas relacionados à adoção da AP



Nota: Valores em escala Likert de cinco pontos, 5 para “muito relevante” e 1 para “sem relevância”.
Fonte. Elaborado pelo autor.

Certamente, os elevados custos e a falta de pessoal qualificado dificultam o processo de difusão da AP e impedem que esta atinja taxas de adoção superiores. Essa constatação corrobora com Silva *et al.* (2011) e Mattoso e Garcia (2006), onde o fator econômico é

apontado como principal obstáculo para adoção da AP e os elevados custos das ferramentas são os que mais contribuem para a lenta adoção.

Os custos elevados para adoção da referida inovação afetam negativamente a taxa de adoção e, a partir do momento que forem reduzidos ao longo do processo de difusão, ocorrerá um incremento na taxa de adoção (ROGERS, 2003).

Retomando os resultados apresentados na Figura 29, considera-se provável que, a AP não tem causado o impactado que o produtor gostaria devido ao excesso de expectativas em torno da tecnologia, aguçadas com o apelo comercial, visto que, a falta de resultado ou eficiência da tecnologia foi considerada o problema de menor relevância. Isso consolida, ainda mais, a percepção já identificada sobre os atributos tecnológicos visibilidade e vantagens relativas, que tiveram boa percepção dos produtores (Figura 28).

Escassez de serviços técnicos adequados, falta de informação a respeito da ferramenta, pós-venda e assistência técnica deficitárias e escassez de fontes apropriadas de financiamento receberam os escores, 3,3, 3,13, 3,24 e 2,97, respectivamente. Assim, os problemas com maior potencial para interferir, dificultando a difusão da AP, são os altos custos dos equipamentos e falta de mão-de-obra especializada.

Por outro lado, os principais problemas enfrentados por agricultores alemães são a grande quantidade de tempo gasto para se acostumar com a ferramenta, a incompatibilidade com outras máquinas e equipamentos, a dificuldade de comprovação de resultado e os altos custos dos equipamentos (REICHARDT; JÜRGENS, 2009).

Dados os problemas listados, a adoção da AP, comparada a de outras tecnologias utilizadas na agricultura (ex. OGM) tem sido relativamente lenta (DABERKOW; McBRIDE 2003). No entanto, ao observar algumas características do SPD, bem como, aspectos da sua difusão, é possível estabelecer algumas semelhanças com a AP. Ambos envolvem um conjunto de ferramentas aplicadas ao manejo das culturas, a adoção parcial dessas ferramentas dificulta a obtenção de resultados satisfatórios, é necessário adquirir novas máquinas ou equipamentos para implementar o novo sistema, requerem a dedicação de tempo para aprender a operar, além de, esses sistemas romperem paradigmas e produzirem incertezas relacionadas à adoção da nova tecnologia.

No caso da adoção do plantio direto, passou-se mais de vinte anos para que houvesse expansão significativa das áreas cultivadas. As taxas de adoção tiveram crescimento mais expressivo a partir do momento em que este foi tratado como um sistema de práticas integradas formado por diversas técnicas e tecnologias. Outro aspecto importante foi a formação de parcerias para o pesquisa e desenvolvimento do sistema (FARIAS; FERREIRA,

2000). Acredita-se, portanto, que assim como no SPD, a AP requer esforços conjuntos entre instituições de ensino e pesquisa, empresas privadas que compõem o setor da indústria de máquinas agrícolas, consultores, prestadores de serviços e o poder público, para ser tratada como um sistema e alcançar resultados mais satisfatórios em seu processo de adoção e difusão.

Assim, quando comparada com tecnologias mais condizentes, não se considera a adoção da AP lenta, mas seu nível de adoção é característico de uma inovação com maior grau de complexidade, onde, segundo David (1975), os ganhos de produtividade da tecnologia serão mais tardios em comparação com tecnologias mais simples.

Sobre a velocidade de adoção da AP, Rogers (2003) afirma que os equipamentos para esta tecnologia são relativamente caros e apenas os grandes agricultores comerciais podem justificar esse custo, apesar da maior eficiência proporcionada pela AP comparada às tecnologias convencionais empregadas. Assim, reverbera-se a necessidade de desenvolver equipamentos compatíveis com a realidade de renda e tamanho de área cultivada dos pequenos produtores. Embora, esses possam adotar a AP também via prestares de serviços.

Por fim, após discorrer sobre os resultados obtidos, estão apresentadas no capítulo a seguir, as considerações finais da pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de produzir mais alimentos e gerar rendimentos econômicos superiores, ao mesmo tempo em que se utiliza com sustentabilidade os recursos naturais, requer inovação no agronegócio. O estudo da agricultura de precisão (AP) como um conjunto de ferramentas que têm esses propósitos se estabelece como importante tema para o desenvolvimento da sustentabilidade e competitividade do agronegócio brasileiro. Assim, este trabalho teve por objetivo analisar a adoção da AP no estado do Rio Grande do Sul.

Destaca-se o contexto agrícola em que a pesquisa foi realizada, o qual foi precedido de três safras normais, preços das commodities (soja e milho) em alta e não foram registrados grandes prejuízos climáticos aos cultivos, como aqueles decorridos da seca que atingiu o estado na safra 2011/2012, após a pesquisa.

A adoção da AP, entre os produtores rurais, iniciou-se por volta do ano 2000 e vem crescendo. O tempo médio decorrido da adoção é de 4,3 anos.

Os resultados mostraram que a ferramenta mais utilizada entre os adotantes de AP é a amostragem de solo georreferenciada (96%). A aplicação em taxa variada (85%) e a barra de luz (68%) são a segunda e terceira ferramentas mais adotadas. A ferramenta com menor adoção é a semeadura em taxa variada (8%).

Identificou-se que a adoção da AP tem elevada dependência da prestação de serviços especializados em AP, o que representa a importante função exercida pelos prestadores de serviços no processo de difusão da AP entre os produtores rurais.

O serviço com maior grau de terceirização foi a confecção de mapas, terceirizado em 97% dos casos, seguido do serviço de ASG, terceirizada em 89% dos casos.

Ademais, sobre as ferramentas de AP, há evidências de que o mapeamento de colheita será a próxima ferramenta a ser adotada com mais frequência pelos produtores.

As principais culturas onde são aplicadas as ferramentas de AP, no RS, são a soja (99%) e milho (82%), seguidas do trigo (79%).

O tamanho médio das áreas cultivadas pelos adotantes de AP é de 978 ha, sendo que 53% dos produtores têm área superior a 500 ha e a AP é aplicada, em média, em 72% da área. Os produtores que cultivam grandes áreas de terra estão mais propensos a utilizar a AP em 100% da área.

Os adotantes de AP apresentam grau de escolaridade elevado, utilizam diversas fontes de informação, têm a renda predominantemente agrícola e cultivam grandes áreas de terra.

No tocante aos atributos tecnológicos da AP, a análise fatorial confirmou o agrupamento do conjunto de variáveis em cinco fatores, que explicaram 69% da variação nas variáveis originais. O modo como as variáveis foram consideradas na pesquisa, através da análise fatorial exploratória, permitiu chegar a resultados que corroboram com fatores considerados na teoria da difusão da inovação: vantagem relativa, visibilidade, compatibilidade, facilidade de uso e experimentação.

O modelo de regressão revelou que quatro fatores explicaram 48% da satisfação dos produtores com a AP e o fator com maior potencial explicativo foi a vantagem relativa da tecnologia.

Indivíduos que adotam mais de duas ferramentas e têm mais tempo de experiência com AP, classificaram a tecnologia como mais compatível. Já aqueles com maior renda classificaram a tecnologia como mais fácil de ser utilizada.

As análises de correlação mostraram que o número de ferramentas de AP adotadas está positivamente associado ao tamanho da área cultivada, ao investimento em AP e aos anos de experiência com AP.

A análise dos escores de fatores somados revelou o fator compatibilidade como o atributo mais favorável à adoção da AP (4,15), seguido dos atributos visibilidade (3,8), vantagem relativa (3,6) e facilidade de uso (3,5). O fator experimentação foi percebido como o atributo menos favorável à adoção (2,5). Considera-se que, os atributos tecnológicos têm contribuído no processo de adoção e difusão da AP e há espaço para melhoria desses atributos, onde os mesmos sejam potencializados na fase de persuasão do processo decisório.

Outro resultado identificado nesse trabalho foi que, o produtor busca aumento de produtividade e redução de custos ao adotar a AP e os impactos da adoção sobre esses mesmos aspectos foram menores do que o produtor esperava. Os elevados custos dos equipamentos e a falta de pessoal qualificado foram os principais entraves para adoção da AP, impedindo uma difusão acelerada do conjunto de ferramentas que a compõem.

A análise da adoção e difusão da AP, através dos fatores que determinam essa adoção, contribui com informações relevantes sobre os adotantes e sobre as ferramentas de AP. Assim, as empresas do agronegócio podem utilizar essas informações para identificar produtores com características favoráveis à adoção dos seus serviços, bem como desenvolverem estratégias para elevar a taxa de adoção.

É incontestável o incentivo que as políticas públicas podem trazer para a difusão da AP, ao mesmo tempo em que a indústria passe a desenvolver máquinas e equipamentos com custos acessíveis aos produtores de menor porte. No entanto, apesar dessas ações, o

comportamento que a difusão da AP sinaliza é similar ao de outras tecnologias complexas, e tende a ser adotada em ritmo mais lento.

Ressalta-se a necessidade de desenvolver novas pesquisas para compreender melhor o processo de adoção e difusão da AP no cenário brasileiro. Para isso, sugere-se utilizar estratégias que permitam amostrar um maior número de produtores. Recomenda-se também, uma análise dos adotantes em potencial, que seja capaz de captar a percepção destes quanto a atributos tecnológicos da AP e possíveis motivos da não adoção.

Por fim, é preciso considerar que esse trabalho mostrou a viabilidade e relevância de estudos com esse formato, apesar das dificuldades enfrentadas durante a pesquisa, tais como a indisponibilidade de dados secundários, a diversidade de ferramentas de AP, a difusão ainda incipiente da AP, as diferentes realidades vividas pelos adotantes e a dificuldade de acesso a esses adotantes que estão dispersos geograficamente. É necessário cautela para qualquer generalização com base nos dados apresentados, embora os dados sejam condizentes com a realidade da adoção da AP observada por profissionais que atuam no dia-a-dia da agricultura de precisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIAN, A. M.; NORWOOD, S. H.; MASKC, P. L. Producers' perceptions and attitudes toward precision agriculture technologies. **Computer and Electronics in Agriculture**, Maryland Heights, v. 48, p. 256-271. 2005.

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da indústria automobilística brasileira 2011**. Disponível em: <<http://www.virapagina.com.br/anfavea2011/>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

ABERNATHY, W.J.; UTTERBACK, J.M. Patterns of Innovation in Industry. **Technology Review**, Cambridge, v.80, n.7, p. 40-47, jun./jul. 1978.

BEAL G. M.; ROGERS. E. M. **The adoption of two farm practices in a central Iowa community**. Ames: Iowa Agricultural and Home Economics Experiment Station, 1960. (Special Report, 26)

BLACKMORE, S. Developing the principles of Precision Farming. In: ICETS, 2000, Beijing, China. **Proceedings...** Beijing: China Agricultural University, 2000. p. 11-13

BLACKMORE, S.; GODWIN, R.; FOUNTAS, S. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. **Biosystems Engineering**, London, v.84, n. 4, p. 455-466, 2003.

BONGIOVANNI, R.; LOWENBERG-DEBOER, J. Precision agriculture and sustainability. **Precision Agriculture**, Berlin, v.5. n.4, p.359-387, 2004.

BOSERUP, E. **The conditions of agricultural growth: the economics of agrarian change under population pressure**. New Brunswick: AldineTransaction, 2005.

BOUDON, R; BOURRICAUD, F. **Dicionário crítico da sociologia**. São Paulo: Ática, 2001.

CASSIOLATO, J. Innovación y cambio tecnológico. In: MARTINEZ, E. (Ed.). **Ciência, tecnologia y desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas**. Santiago: Nueva Sociedad, 1994.

CHANDY, R. K.; TELLIS, G. J. Organizing for radical product innovation: the overlooked role of willingness to cannibalize. **Journal of Marketing Research**, Chicago, v.35, n. 4, p. 474-487, 1998.

COSTA, J.A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I. Mânica, J.A. Costa, 1996.

CURWIN, J.; SLATER, R. **Quantitative methods for business decisions**. 6. ed. London: Cengage Learning, 2008.

DABERKOW, S. G.; McBRIDE W. D. Farm and operator characteristics affecting the awareness and adoption of precision agricultural technologies in the US. **Precision Agriculture**, Berlin, v.4. n.2, p.163-177, 2003.

DAVID P. A. **Technical Choice, Innovation and economic growth**. Oxford: Cambridge University Press, 1975.

DEZA, X.V. **Economía de la innovación y del cambio tecnológico: Una revisión crítica**. Madrid: Siglo Veintiuno de España, 1995.

DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, Pittsburgh, v.26, n.3, p.1120-1171, 1988.

DOSI, G.; NELSON, R. An introduction to evolutionary theories in economics. **Journal of Evolutionary Economics**, Verlag, n.4, 1994.

ENGLISH, B.C.; ROBERTS, R.K.; LARSON, J.A. **A logit analysis of precision farming technology adoption in Tennessee**. Knoxville: The University of Tennessee Agricultural Experiment Station, Department of Agricultural Economics, 2000. Disponível em: <<http://economics.ag.utk.edu/publications/precisionag/logit.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 11

ESTADOS UNIDOS. Congress. **Food Agriculture Conservation and Trade Act of 1990 (FACTA), Public Law 101-624, Title XVI, Subtitle A, Section 1603**. Washington, DC : Government Printing Office, 1990. Disponível em: <<http://www.nationalaglawcenter.org/assets/farmbills/1990-1.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2011.

FARIAS, A.D; FERREIRA, T.N. Sistema de plantio direto no Rio Grande do Sul. **Informativo da Emater/RS - Solos**, Porto Alegre, v.18, n.7, 2000. 3p.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Production**. 2009. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 15 dez. 2011.

FOUNTAS, S.; PEDERSEN, S. M.; BLACKMORE, S. **ICT in precision agriculture - diffusion of technology**, 2005. Disponível em: <<http://departments.agri.huji.ac.il/economics/gelb-pedersen-5.pdf> >. Acesso em 11 out. 2011.

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 828-831, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/327/5967/828.full>>. Acesso em: 10 out. 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HAIR, J. F. Jr. et al. **Fundamentos de métodos de pesquisa em administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005, 471 p.

HAIR, J. F. Jr. et al. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 899p.

HART, S. L.; MILSTEIN, M. B. Global sustainability and the creative destruction of industries. **Sloan Management Review**, Cambridge, v.41, n.1, p.23-33, 1999.

HASSINGER, E. Stages in the adoption process. **Rural Sociology**, Provo, v. 24, p. 52-53, 1959.

HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W. **Desenvolvimento agrícola: teoria e experiências internacionais**. Trad. Maria Vittoria Von Bulow e Joachim S. W. Von Bulow. Brasília: Embrapa, 1988.

HOFF, D.N. et al. Behavior of the technologic innovation and diffusion in Agribusiness: the case of "no till" in Rio Grande do Sul, Brasil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT OF TECHNOLOGY, 15., 2006, Beijing. **Anais...**Beijing, 2006.

Disponível em:

<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/595/000532015.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 fev. 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PNAD - Pesquisa nacional por amostra de domicílios**. Brasília: IBGE, 2009.

KINNUNEN, J. G. Trade as a Founding Father of Innovation Diffusion Research. **Acta Sociologica**, Oslo, v.39, n.4, p.431-442. 1996.

LINDNER, R. K. Adoption and diffusion of technology: an overview. In: CHAMP, B. R.; HIGHLY, E.; REMENYI, J. V. (Org.) **Technological change in postharvest handling and transportation of grains in the humid tropics**. Bangkok: Australian Centre for International Agricultural Research, 1987. p. 144-151.

LOWENBERG-DEBOER, J. Precision farming and the new information technology: implications for farm management, policy, and research: discussion. **American Journal of Agricultural Economics**, Oxford, v.78, 1281-1284. 1996.

LOWENBERG-DEBOER, J.; BOEHLJE, M. 1996. Revolution, evolution or dead-end: economic perspectives on precision agriculture. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., 1996. Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis, 1996. 1 CD-ROM

MACADAR, A. M. **Concepção, desenvolvimento e validação de instrumentos de coleta de dados para estudar a percepção do processo decisório e as diferenças culturais**. 1998. 253 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

MALTHUS, T. **An essay on the principle of population**. London: J. Johnson, in St. Paul's Church-Yard, 1798. (Electronic Scholarly Publishing Project, 1988). Disponível em: <<http://www.esp.org/books/malthus/population/malthus.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2010.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Agricultura de precisão: boletim técnico**. 2.ed. Brasília : MAPA, 2011. 36 p.

MARSH, S. P.; D.J. PANNELL, D. J.; LINDNER, R. K. The impact of agricultural extension on adoption and diffusion of lupins as a new crop in Western Australia. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.40, p.571-583, 2000.

MATTOSO, M.J.; GARCIA, J. C. Análise econômica da agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2006, São Pedro. **Anais ...** Piracicaba: USP/ESALQ, 2006. 1 CD-ROM.

McBRATNEY, A.; WHELAN, B.; ANCEV, T. Future directions of precision agriculture. **Precision agriculture**, Berlin, v.6, 2005.

McBRIDE, W.D.; DABERKOW, S.G. Information and the adoption of precision farming technologies. **Journal of Agribusiness**, Athens, v. 21, n. 1, p. 21-38, 2003. Disponível em: <<http://www.agecon.uga.edu/~jab/Library/S03-02.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2008.

MIELNICZUK, J. Manejo do solo no Rio Grande do Sul: uma síntese histórica. **Revista Agrônômica**, Porto Alegre, v. 12, n.2, p. 1118-19. 1999.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão – o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba, 2001.

_____. Tendências da agricultura de precisão no Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. ESALQ/USP, 2004. p.1-10

MOORE, G. C.; BENBASAT, I. Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. **Information Systems Research**, Providence, v.2, n.3, p.192-222. 1991.

MOORE, G. **Inside the tornado: marketing strategies from Silicon Valley's cutting edge**. New York: Harper Business, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - Board on Agriculture, Committee on Assessing Crop Yield. **Precision agriculture in the 21st century: geospatial and information technologies in crop management**. Washington: National Academy Press, 1997. 168 p.

NELSON, R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. **Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data – Oslo Manual**. 3.ed. Paris: OECD, 1997.

ONU – Organização das Nações Unidas. UNFPA – the United Nations Population Fund. **State of world population 2011**. 2011. Disponível em: <<http://foweb.unfpa.org/SWP2011/reports/EN-SWOP2011-FINAL.pdf>> Acesso em: 15 dez 2011.

PEDERSEN, S. M. **Precision farming – technology assessment of variable rate treatment in Cereals**. 2003. 343 f. Tese (Doutorado) - Technical University of Denmark, Lyngby, 2003.

PEIXOTO, A. M. et al. (Org.) **Enciclopédia agrícola brasileira**. São Paulo: EDUSP, 2007. v.7.

- POSSAS M.; SALLES FILHO, S.; SILVEIRA, J. M. An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks. **Research Policy**, Amsterdam, n. 25, p.933-945, 1996.
- REETZ, H. 20/20 Vision on precision - what the last 20 years has shown us / what the next 20 promises to give us. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF PRECISION AGRICULTURE, 10., 2010, Denver. **Proceedings**. Denver, 2010. 1 CD-ROM
- REICHARDT, M.; JÜRGENS, C. Adoption and future perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among different agricultural target groups. **Precision Agriculture**, Berlin, v.10, n.1, p.73-94, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11119-008-9101-1>>. Acesso em: 14 nov. 2011.
- RICHARDSON, J.R. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.
- ROBERT, P.C. The economical feasibility of precision agriculture. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., 2002, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier, 2002. 1 CD-ROM
- ROBERTS, R. K. et al. **Precision farming by cotton producers in six southern states: results from the 2001 southern precision farming survey**. Disponível em: <<HTTP://economics.ag.utk.edu/publications/precisionag/rs0302.pdf>>. Acesso 10 out. 2011.
- ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. 5.ed. Nova York: Free Press, 2003.
- ROSENBERG, N. **Exploring the black box: technology, economics, and history**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- RYAN B; GROSS N. C. The diffusion of hybrid seed corn in two Iowa communities. **Rural Sociology**, Provo, v.8, p.15-24, 1943.
- RYAN B. A Study in technological diffusion. **Rural Sociology**, Provo, v. 13, p. 273-285, 1948.
- SCHULTZ, T. W. **A transformação da agricultura tradicional**. Rio de Janeiro: Zahar, 1965.
- SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito juro e o ciclo econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.
- SILVA, C.; DE MORAES, M.; MOLIN, J. Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. **Precision Agriculture**, Berlin, v. 12, n. 1, p. 67-81, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11119-009-9155-8>>. Acesso em: 25 nov. 2011.
- SWINTON, S.M.; LOWENBERG-DEBOER, J. Evaluating the profitability of site-specific farming. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 11, n. 4, p. 439-446, 1998.
- TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Managing innovation: integrating technological, market and organizational change**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.

TORNATZKY, L.G.; KLEIN, K.J. Innovation characteristics and adoption-implementation: a meta-analysis of findings. **IEEE Transactions on Engineering Management**, Rutgers, v.29, p.28-45, 1982.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M.F. Introdução à agricultura de precisão: conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1. p.159-163, 2002.

VARALLYAY, G. Precision nutrient management: impact on the environment and needs for the future. **Communications in Soil Science And Plant Analysis**, Philadelphia, v.25, p.909-930, 1994.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Inovação tecnológica e aprendizado agrícola: uma abordagem schumpeteriana**. 2009. 154 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Ciências Econômicas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

WINSTEAD A.; SHANNON H. N. **Adoption and use of precision agriculture technologies by practitioners**. Auburn University, Working Paper, 2010.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ADOTANTES DE AP

Pesquisa sobre adoção da agricultura de precisão - UFRGS

Senhor produtor rural,

Meu nome é Adriano A. Anselmi e sou estudante do curso de mestrado em Agronegócios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Suas respostas serão utilizadas para compreender melhor os fatores que levam à adoção da agricultura de precisão, tratada aqui como um conjunto de ferramentas aplicadas à agricultura para permitir um sistema de gerenciamento que considere a variabilidade espacial e temporal da produção agrícola. O questionário é anônimo! Peço sua gentileza para responder esse questionário, o que levará aproximadamente 15 minutos. Assim, você estará contribuindo para melhorar o acesso às tecnologias na agricultura. Se o senhor conhece alguém que usa agricultura de precisão, por favor, encaminhe esse e-mail para que eles também respondam o questionário. Você só deverá responder esse questionário se utiliza ou já utilizou Agricultura de Precisão Se o senhor tiver alguma dúvida ou desejar entrar em contato eu estou à disposição nos telefones: 51-82291755 e 49-84067275 ou por e-mail: pesquisaapbrasil@gmail.com

Ao terminar de responder as questões clique em ENVIAR. Obrigado!

*Obrigatório

Seção 1: Caracterização da atividade

Quantos hectares você cultiva em área de terra própria?

1.1 Quantos hectares você cultiva em área de terra arrendada?

2. Quantos hectares você maneja com Agricultura de Precisão?

3. Em quais culturas você utiliza Agricultura de Precisão *

- Soja
- Milho
- Trigo
- Aveia
- Azevém
- Centeio
- Arroz
- Algodão
- Girassol
- Cana-de-açúcar
- Outro:

4. Qual a importância da Agricultura de precisão para a sua propriedade hoje? *

	1	2	3	4	5	
Sem importância	<input type="radio"/>	Muito Importante				

Seção 2: Aspectos da adoção da Agricultura de precisão

5. Há quantos anos você utiliza a agricultura de precisão? *

6. Indique em que ano você iniciou o uso das ferramentas abaixo

6.1 Amostragem de solo em grade (com Gps)

6.2 Monitor/mapa de colheita

6.3 Aplicação de corretivo e fertilizantes de solo a taxa variada

6.4 Semeadura a taxa variada

6.5 Sensoriamento remoto

6.6 Piloto automático

6.7 Barra de luz

7. Especifique as principais máquinas e equipamentos adquiridos para implantar a agricultura de precisão.

8. Quais as máquinas ou equipamentos de agricultura de precisão você pretende adquirir nos próximos 2 anos?

9. Quais as suas intenções para os próximos 2 anos em relação à área cultivada com agricultura de precisão? *

- diminuir
- manter
- aumentar

10. Dos serviços abaixo, assinale quais são próprios e quais são terceirizados.

	Próprio	Terceirizado
Amostragem de solo em grade (com GPS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Colheita com sensor de produtividade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Confecção dos mapas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aplicação de corretivo e fertilizantes de solo a taxa variada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Semeadura a taxa variada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensoriamento remoto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Qual foi o principal motivo que fez você adotar a agricultura de precisão? *

12. Indique a importância de cada item na sua decisão inicial de adotar a agricultura de precisão. *

	Sem importância 1	2	3	4	5 Muito importante
Aumento de produtividade	<input type="checkbox"/>				
Melhoria da gestão	<input type="checkbox"/>				

	Sem importância 1	2	3	4	5 Muito importante
Redução da variabilidade (manchas)	<input type="checkbox"/>				
Redução de custos	<input type="checkbox"/>				
Preservação do meio ambiente	<input type="checkbox"/>				
Melhores condições de trabalho/ conforto	<input type="checkbox"/>				

13. Indique qual foi o impacto nos itens abaixo após o uso da agricultura de precisão? *

	Muito baixo 1	2	3	4	5 Muito alto
Na melhoria do gerenciamento	<input type="checkbox"/>				
No aumento da produtividade	<input type="checkbox"/>				
Na redução dos custos de produção	<input type="checkbox"/>				
No preservação do meio-ambiente	<input type="checkbox"/>				
Nas melhoria das condições de trabalho	<input type="checkbox"/>				

14. Quais os problemas que você enfrenta na adoção da agricultura de precisão? *

	Não relevante 1	2	3	4	5 Muito relevante
Elevados custo dos equipamentos	<input type="checkbox"/>				
Escassez de fontes	<input type="checkbox"/>				

	Não relevante 1	2	3	4	5 Muito relevante
apropriadas de financiamento	<input type="checkbox"/>				
Pós-venda e assistência deficitária	<input type="checkbox"/>				
Falta de pessoal qualificado para operar	<input type="checkbox"/>				
Falta de informação a respeito das tecnologias	<input type="checkbox"/>				
Escassez de serviços técnicos externos adequados	<input type="checkbox"/>				
Falta de resultado/eficiência das tecnologias de AP	<input type="checkbox"/>				

15. Aponte o nível de concordância com as afirmações abaixo. *

	Discordo totalmente	Discordo	Indeciso	Concordo	Concordo totalmente
Somente especialistas entendem como a agricultura de precisão funciona.	<input type="checkbox"/>				
É difícil de aprender a usar as ferramentas de agricultura de precisão.	<input type="checkbox"/>				
As máquinas e equipamentos de agricultura de precisão são complicados de serem calibrados.	<input type="checkbox"/>				

	Discordo totalmente	Discordo	Indeciso	Concordo	Concordo totalmente
Eu gosto de trabalhar com equipamentos modernos.	<input type="radio"/>				
A agricultura de precisão se encaixa bem com a maneira que eu gosto de produzir.	<input type="radio"/>				
Agricultura de precisão é compatível com o nível tecnológico praticado na minha fazenda.	<input type="radio"/>				
É fácil de conciliar a agricultura de precisão com os equipamentos e as práticas utilizadas anteriormente na fazenda	<input type="radio"/>				
É fácil observar os resultados da agricultura de precisão.	<input type="radio"/>				
Não tenho dificuldades em dizer aos outros sobre os resultados da agricultura de precisão.	<input type="radio"/>				
Antes de usar eu pude experimentar corretamente a agricultura de precisão.	<input type="radio"/>				
Tive várias oportunidades de testar aplicações para a agricultura de precisão	<input type="radio"/>				

16. Qual é a sua fonte de referência para informações sobre agricultura de precisão?

17. Qual a frequência que você acessa as seguintes fontes de informação? *

	Nunca	1	2	3	4	5	Sempre
Revista especializada	<input type="checkbox"/>						
Internet	<input type="checkbox"/>						
Televisão	<input type="checkbox"/>						
Rádio	<input type="checkbox"/>						
Conferências, palestras técnicas	<input type="checkbox"/>						
Empresas de consultoria e assistência técnica	<input type="checkbox"/>						
Universidades e institutos de pesquisa	<input type="checkbox"/>						
Outros produtores	<input type="checkbox"/>						
Fornecedores de máquinas e equipamentos	<input type="checkbox"/>						

18. Qual o grau de satisfação com os resultados alcançados a partir da adoção da agricultura de precisão? *

	1	2	3	4	5	
Muito baixo	<input type="checkbox"/>	Muito alto				

Seção 3 - Questões Gerais

19. Você tem outras fontes de renda além da agricultura? *

- Sim
- Não

20. Incluindo o total de vendas da fazenda, (grãos, gado, aves, entre outros produtos, valores pagos ao governo e aos bancos) qual das categorias abaixo representa o valor bruto das vendas no ano de 2010? *

- Até 100.000,00
- Até 250.000,00
- Até 500.000,00
- Até 1.000.000,00
- Mais de um milhão

21. Em qual das categorias abaixo você enquadra os investimentos específicos em agricultura de precisão até o momento? *(não considerar valor de insumos que seriam utilizados mesmo sem a agricultura de precisão)

- Até 5.000,00
- Até 10.000,00
- Até 50.000,00
- Até 100.000,00
- Até 500.000,00

22. Qual é a sua idade? *

23. Qual é a sua formação? *

- | | |
|--|--|
| • <input type="checkbox"/> Primeiro grau (ensino básico) | • <input type="checkbox"/> Segundo grau (ensino fundamental) |
| • <input type="checkbox"/> Ensino superior incompleto | • <input type="checkbox"/> Ensino superior completo |
| • <input type="checkbox"/> Pós-graduação | |

24. Se sua formação for escola técnica ou ensino superior favor especificar o curso

25. Qual a cidade onde você pratica a atividade rural com tecnologias de agricultura de precisão? *

26. Qual é o estado onde você pratica a atividade rural com tecnologias de agricultura de precisão? *

Clique em ENVIAR.

A UFRGS e os pesquisadores agradecem por colaborar com a pesquisa!

Lembre-se de encaminhar esse e-mail para os seus contatos. Obrigado!