

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sudeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 124

Potencial de uso das tecnologias de agricultura e pecuária de precisão e automação

Alberto Carlos de Campos Bernardi
Ariovaldo Luchiari Junior
Naylor Bastiani Perez
Ricardo Yassushi Inamasu

Autores

Embrapa Pecuária Sudeste
São Carlos, SP
2017

Embrapa Pecuária Sudeste

Rod. Washington Luiz, km 234
13560 970, São Carlos, SP
Caixa Postal 339
Fone: (16) 3411- 5600
Fax: (16): 3361-5754
www.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Alexandre Berndt
Secretária-Executiva: Simone Cristina Méo Niciura
Membros: Maria Cristina Campanelli Brito, Emilia M. P. Camarnado
Milena Ambrosio Telles, Mara Angélica Pedrochi

Normalização bibliográfica: Mara Angélica Pedrochi
Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito
Ilustração da capa: Aianne Amado Nunes Costa

1ª edição

1ª edição on-line (2017)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pecuária Sudeste

Potencial de uso das tecnologias de agricultura e pecuária de precisão e automação /
Alberto Carlos de Campos Bernardi... [et al.]. – São Carlos, SP: Embrapa Pecuária
Sudeste, 2017.

Modo de acesso: Word Wide Web: [http://cppse.embrapa.br/sites/default/files/
principal/publicação/documentos124.pdf](http://cppse.embrapa.br/sites/default/files/principal/publicação/documentos124.pdf) >

24p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 124; ISSN: 1980-6841).

1. Agricultura de precisão. 2. Automação. 3. Pecuária. 4. Tecnologia. I.
Bernardi, Alberto Carlos de Campos. II. Luchiarí Júnior, Ariovaldo. III. Perez, Naylor
Bastiani. IV. Inamasu, Ricardo Yassushi. V. Título. VI. Série.

CDD: 681.763

© Embrapa 2017

Autores

Alberto Carlos de Campos Bernardi

Engenheiro Agrônomo, pesquisador da Embrapa Pecuária
Sudeste, São Carlos, SP,
alberto.bernardi@embrapa.br

Ariovaldo Luchiari Junior

Engenheiro Agrônomo, pesquisador da Embrapa Informática
Agropecuária, Campinas, SP
ariovaldo.luchiari@embrapa.br

Naylor Bastiani Perez

Engenheiro Agrônomo, pesquisador da Embrapa Pecuária
Sul, Bagé, RS,
naylor.perez@embrapa.br

Ricardo Yassushi Inamasu

Engenheiro Mecânico, pesquisador da Embrapa
Instrumentação São Carlos, SP,
ricardo.inamasu@embrapa.br

Sumário

Introdução.....	7
Automação e agricultura de precisão na Embrapa	8
Automação na produção animal	10
Pecuária de precisão	11
Identificação e monitoramento animal	13
Geoprocessamento.....	14
Estimativas da produção de forragem.....	15
Integração de informações na pecuária de precisão.....	16
Considerações finais.....	18
Referências	20

Potencial de uso das tecnologias de agricultura e pecuária de precisão e automação

Alberto Carlos de Campos Bernardi

Ariovaldo Luchiari Junior

Naylor Bastiani Perez

Ricardo Yassushi Inamasu

Introdução

Apesar do grande potencial para uso nos sistemas de produção animal, as ferramentas de Agricultura de Precisão (AP) têm sido utilizadas com maior frequência nas culturas de grãos, hortícolas, fruteiras e silvicultura. A amostragem de solo georreferenciada, a elaboração de mapas espacializados de atributos do solo e de recomendação e a aplicação de insumos a taxa variável têm sido as principais formas de uso das ferramentas de AP (BERNARDI; INAMASU, 2014; BERNARDI et al., 2015b). O potencial, os benefícios e as limitações do uso da AP em sistemas de pastagens foi apresentado e discutido por Schellberg et al. (2008), Bernardi e Perez (2014), e Bernardi et al. (2016). Assim como os marcos conceituais para a pecuária de precisão, para os sistemas de pastagem e os para sistemas integrados, considerando os componentes animal e forragem, foram apresentados por Schellberg et al. (2008), Wathes et al. (2008), Laca (2009), Banhazi et al. (2012) e Paiva et al. (2016).

Considerando que o uso do conjunto de tecnologias da Agricultura de Precisão fornece elementos para a gestão da propriedade, com base na variabilidade e com objetivo de maximização do retorno econômico e minimização dos riscos de dano ao meio ambiente (INAMASU et al., 2011a), o uso destas ferramentas pode ser decisivo para tornar a pecuária nacional mais competitiva.

Hoje, é consenso mundial que a AP é a forma de gestão mais eficiente das propriedades rurais onde a variabilidade espaço-temporal é significativa. A aplicação otimizada dos insumos agropecuários proporciona maior produtividade e mitiga os impactos ambientais, principalmente na utilização de agrotóxicos e nos consumos de água e energia elétrica para irrigação. Portanto, a AP é a gestão que agrega sustentabilidade à competitividade.

No chamado “Desafio 2050” (FÓRUM INOVAÇÃO, AGRICULTURA E ALIMENTOS PARA O FUTURO SUSTENTÁVEL, 2014), o Brasil tem a responsabilidade de prover 40% do crescimento da produção de alimentos do planeta, o que é absolutamente mandatário para enfrentar o desafio de alimentar os nove bilhões de habitantes previstos para o ano de 2050. A expansão do uso da terra e dos recursos hídricos em muitas regiões chegou ao limite. Os recursos científicos da Ciência do Solo, Fisiologias Vegetal e Animal, e da Biotecnologia encontram-se próximos a um patamar de provedores de conhecimento, em termos de avanço das taxas de crescimento da produtividade nas mais importantes culturas.

Nesse cenário, a AP pode proporcionar um salto que possibilite atingir outros patamares de competitividade da atividade agrícola aliados à sustentabilidade, nos aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Automação e agricultura de precisão na Embrapa

Conforme relato de Inamasu et al. (2016), a Embrapa sempre teve contribuições de pesquisa e desenvolvimento nos temas da mecanização e automação, sendo que a criação do Programa em Automação Agropecuária, em 1993, estabeleceu um marco nesse tema. A partir de 1998, as atividades de pesquisa em Agricultura de Precisão foram inseridas nesse programa. Apesar do estímulo inicial, criou-se inadvertidamente uma forte imagem de que a AP seria uma

agricultura realizada com máquinas sofisticadas. Entre 1999 e 2003, foram conduzidos na Embrapa dois projetos de pesquisa pioneiros, com recursos do Prodetab (Programa de Fundos Competitivos para financiamento da pesquisa agrícola do Banco Mundial), coordenados pela Embrapa Milho e Sorgo e pela Embrapa Solos, com foco, respectivamente, nas culturas do milho e da soja. O primeiro projeto teve como parceira a empresa Agco Corporation e a Universidade Federal de Viçosa (Departamento de Engenharia Agrícola) e o segundo, a Fundação ABC (Castro, PR) e a USP/ESALQ (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo).

Também em 1999, foi instalado em Lincoln (Nebraska, EUA) o Labex (Laboratório Virtual da Embrapa no exterior) em Agricultura de Precisão, tendo como parceira e contraparte americana a USDA/ARS (*United States Department of Agriculture/Agricultural Research Service*). Em 2004, foi iniciado o primeiro projeto em rede no tema Agricultura de Precisão como continuidade das atividades dos projetos anteriores (INAMASU; BERNARDI, 2014).

No entanto, o tema dentro da Empresa ainda não atendia aos pequenos produtores e não era compreendido que a AP seria um forte aliado para alcançar a sustentabilidade. Em 2009, a Embrapa aprovou o segundo projeto em rede que contou com a participação total de 21 Unidades (INAMASU et al., 2011a).

A partir daí a Embrapa pôde estabelecer com clareza que a AP é uma postura gerencial que leva em conta a variabilidade espacial da lavoura para obter retorno econômico e ambiental (INAMASU et al., 2011b), reforçando a visão de cadeia de conhecimentos, na qual máquinas, aplicativos e equipamentos são ferramentas que podem apoiar essa gestão.

Como resultado, foi criado, em 2013, o Laboratório de Referência Nacional em Agricultura de Precisão (Lanapre) em São Carlos, SP, que auxilia a posicionar o tema como estratégico, tanto para a Embrapa como para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Entretanto, o conjunto de conhecimentos técnicos e científicos

gerados até essa época ainda era pequeno, frente às diversidades dos sistemas de produção agrícolas e pecuários, das características regionais e à própria extensão do país.

Em 2011, a rede Agricultura de Precisão publicou o livro “Agricultura de Precisão: um novo olhar” (INAMASU et al., 2011c), com o objetivo de consolidar a massa crítica formada nesses anos. O acesso ao livro em seu formato eletrônico, disponibilizado no *site* da Rede de Agricultura de Precisão da Embrapa (<http://www.embrapa.br/agriculturadeprecisao>), tornou-se intenso, tendo registradas mais de 70 mil visitas (BERNARDI et al., 2015a). Esse número indica o interesse do público pelo tema. Resultados mais recentes desse grupo foram compilados no livro *Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar* (BERNARDI et al., 2014b), publicação de mais de 60 capítulos e cerca de 160 autores e coautores.

Automação na produção animal

Os avanços nos conhecimentos no tema da AP indicam que os esforços de pesquisa deverão ser direcionados para a automação de processos (INAMASU et al., 2016). A informatização e o acesso aos equipamentos importados abriram novas oportunidades para o sistema produtivo agrícola, pecuário e florestal. Antes, a automação era considerada sofisticada e afastada das condições dos agricultores brasileiros; hoje, a realidade é muito distinta, com a redução da disponibilidade de recursos humanos e o aumento de sistemas eletrônicos em suas máquinas e equipamentos.

A automação na produção animal inclui sistemas de controles ambiental, fisiológico e comportamental, de identificação, de monitoramento e controle da alimentação e reprodutivo (EDAN et al., 2009; PAIVA et al., 2016). Além desses, outros sistemas automatizados de pesagem, de controle de saúde e bem-estar, de higienização, e de abate e processamento estão sendo introduzidos.

No entanto, para que os dados de monitoramento e controle - individual ou de grupo - dos vários sensores disponíveis sejam efetivos e possam orientar as decisões de manejo mais adequadas, são necessários sistemas de informação avançados (EDAN et al., 2009). Rutten et al. (2013) e Paiva et al. (2016) descrevem a automação na pecuária em quatro etapas, sendo i) monitoramento (aquisição dos dados); ii) interpretação dos resultados; iii) integração da informação e; iv) tomada de decisão de manejo.

Pecuária de Precisão

A Pecuária de Precisão (PP) foi definida por Wathes et al. (2008) como o manejo da produção animal com uso dos princípios e tecnologias da engenharia de processo, especialmente os sensores inteligentes.

Segundo esses autores, a inclusão de animais vivos no sistema distingue a PP de outras aplicações da teoria de controle, especialmente a utilizada na Agricultura de Precisão voltada para a produção agrícola, requerendo a medição contínua dos sinais relativos à atividade fisiológica, comportamento e outros indicadores de produção, como o peso vivo, o consumo de alimentos e seu movimento.

Uma maneira de implementar a PP é mostrada na Figura 1, que tem como base o uso do modelo de controle preditivo. Isso não determina uma estratégia de controle específico, mas sim uma gama de métodos de controle, que utilizam *feedback* contínuo do resultado do processo (como em outras estratégias de controle), e fazem uso de um modelo dinâmico do processo para prever sua resposta, e para calcular o sinal de controle.

Nessa abordagem também fica claro que o uso dos sensores é apenas uma ferramenta do processo, no qual a aquisição e o processamento dos dados e o estabelecimento de rotinas são as etapas mais importantes (Figura 1).

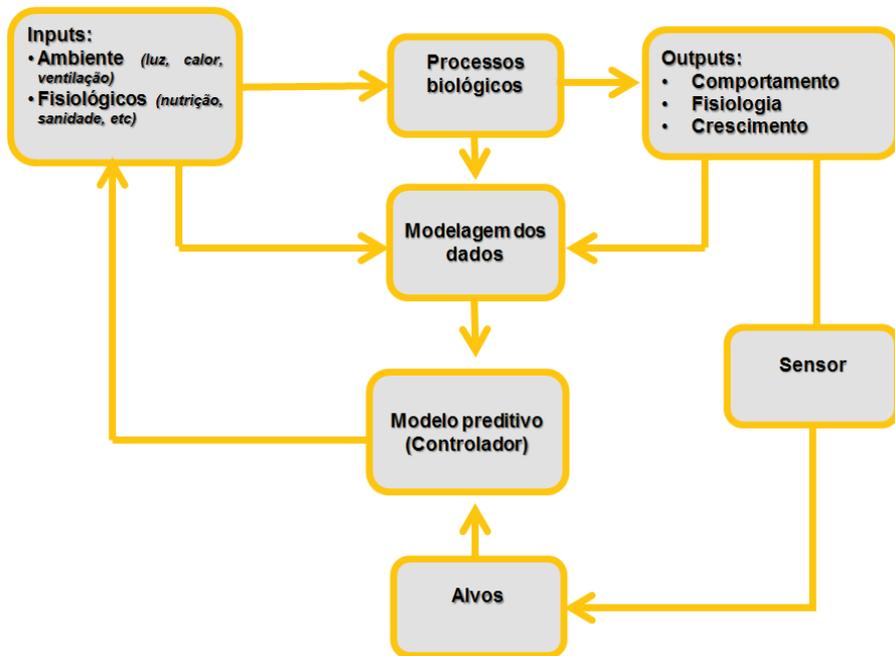


Figura 1. Esquema dos componentes da Pecuária de Precisão para controle de processos biológicos.

Fonte: adaptado de Wathes et al. (2008).

A pecuária de precisão tem como foco a potencialização do desempenho individual, em detrimento do tratamento por grupos de manejo. Isso é possível somente com um eficiente sistema de identificação individual, que passa a ser a base da PP.

De acordo com Banhazi et al. (2012), a Pecuária de Precisão devidamente implementada tem o potencial para: i) melhorar e documentar objetivamente os parâmetros de bem-estar animal nas propriedades; ii) reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE) e melhorar os aspectos ambientais dos diferentes sistemas de produção agropecuários; iii) melhorar a comercialização e facilitar a segmentação dos produtos de origem animal; iv) reduzir o comércio ilegal de produtos de origem animal; v) melhorar o retorno econômico das atividades agropecuárias.

A revisão de Wathes et al. (2008) já considerava como promissora a utilização da Pecuária de Precisão, e traçava um paralelo com as práticas de AP adotadas na atividade agrícola há algum tempo. Outras aplicações estão relacionadas ao monitoramento do indivíduo quanto à sanidade, ao desempenho produtivo e ao comportamento social, os quais são fatores diretamente ligados à qualidade do produto final, e também podem ser monitorados por meio de sistemas e modelos preditivos.

Banhazi et al. (2012) alertam que ainda há apenas alguns exemplos de sucesso no repasse de tecnologias da PP, que estão sendo introduzidas por um pequeno número de empresas comerciais envolvidas no processo de inovação da pecuária. Para assegurar que o potencial de PP seja adotado pelo setor produtivo é necessário: i) estabelecer uma nova indústria de serviços; ii) avaliar, demonstrar e divulgar os benefícios da PP; iii) coordenar esforços do setor privado e órgãos públicos de pesquisa, desenvolvimento e inovação interessados no desenvolvimento e na implementação de tecnologias de PP nas propriedades; iv) incentivar o setor de prestação de serviços no desenvolvimento de produtos de gestão profissional das propriedades.

Identificação e monitoramento animal

A identificação dos animais é a base para a maior parte das funções do sistema de manejo que resultam em progressos zootécnicos, controle e economia da produção. Os sistemas tradicionais (brincos, colares, tatuagens, ferro quente etc.) apresentam limitações. A identificação eletrônica animal tem como base os *transponders*, equipamentos emissor-receptor, que respondem automaticamente a sinais de radiofrequência. Os *transponders* utilizam microchips com memória reprogramável de leitura, EEPROM (do inglês *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*), que permitem ou não a regravação, e podem ser encapsulados em material biocompatível (que

permite a implantação no animal) ou fixados em brincos. De acordo com Machado e Nantes (2004), há *transponders* passivos, sem fonte de energia, e ativos, nos quais a transmissão das informações é realizada por identificação por radiofrequência - RFID (do inglês "*Radio Frequency Identification*").

As tecnologias de identificação eletrônica animal permitem interligar outras ferramentas práticas de manejo ao sistema, como balanças, cochos e bebedouros eletrônicos. Essa identificação permite alimentar um sistema de dados informatizados, que tornam mais flexíveis os processos de gestão da propriedade por meio de sistemas de suporte à decisão.

Com o uso de um ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), as possibilidades de aplicação da identificação animal se ampliam, afinal, incluem a rastreabilidade dos produtos, pois a identificação permite que sejam feitos registros sobre a origem dos produtos e o seu meio de produção. Dessa forma, a identificação eletrônica pode ser uma das etapas de um sistema de certificação com base na rastreabilidade de informações da cadeia produtiva da carne.

Geoprocessamento

O conjunto de geoprocessamento, ou geotecnologias, que incluem as tecnologias para coleta, processamento, análise e disponibilização de informações com referência geográfica, tem grande potencial para gestão da produção pecuária.

A modelagem via SIG possibilita a fusão dessas camadas de informações, ampliando a capacidade de interpretação dos dados e auxiliando na tomada de decisão para a gestão do sistema de produção (FILIPPINI ALBA, 2014). Uma das aplicações é o uso dos SIGs para o conhecimento dos padrões de uso de sítios dentro de uma pastagem. Além disso, com base em dados censitários e de sensoriamento remoto

integrados em sistemas de informações geográficas, Batistella et al. (2011) mostraram como as geotecnologias podem, por exemplo, auxiliar na defesa sanitária em regiões de fronteira, no planejamento da atividade pecuária e na identificação e qualificação das áreas de pastagens no Brasil.

Estimativas da produção de forragem

As ferramentas de automação utilizadas na pecuária de precisão podem permitir ainda o manejo dos recursos forrageiros para compatibilizar a oferta de forragem com a demanda dos animais. A quantificação da variabilidade espacial da produção da biomassa, e de índices de vegetação pode auxiliar nas práticas de manejo de pastagens como a rotação, o manejo de nutrientes e a previsão de rendimento (BERNARDI; PEREZ, 2014). Porém, a determinação da biomassa pelo método tradicional (corte e pesagem) é trabalhosa, por isso, métodos indiretos têm sido desenvolvidos para facilitar a mensuração de massa de forragem (SERRANO et al., 2009). Além dos métodos indiretos, novas ferramentas de automatização das determinações têm sido desenvolvidas com o objetivo de aumentar a eficiência e a qualidade dos dados levantados (SCHELLBERG et al., 2008; BERNARDI; PEREZ, 2014).

Entre as tecnologias para estimativa de produção da biomassa, destacam-se a sonda de capacitância e os sensores ultrasônicos e óticos (YULE et al., 2006; SERRANO et al., 2009). Entretanto, esses sensores ultrasônicos não são adequados para avaliar a qualidade das pastagens; para isso, são necessários os sensores óticos (PULLANAGARI et al., 2011). Os índices de vegetação obtidos por sensoriamento remoto têm sido amplamente utilizados para estimar a biomassa de culturas e pastagens, uma vez que fornecem padrões temporais e espaciais das mudanças nos ecossistemas pastoris e têm sido úteis na estimativa de parâmetros biofísicos (SCHELLBERG et al., 2008; BERNARDI et al., 2014a). Porém, para que essa ferramenta

seja utilizada em pastagens, será necessário reduzir o custo da tecnologia (TROTTER et al., 2010). O trabalho de Starks et al. (2006) e Bernardi et al. (2016) são exemplos de como a produtividade pode ser melhorada pela tomada de decisões de manejo de pastagens, baseadas no uso de ferramentas de agricultura de precisão, com base na biomassa disponível, no uso da tecnologia de aplicações a taxa variável (VRT) e nas estimativas da produção.

Integração de informações na pecuária de precisão

A automação pecuária de ruminantes depende do conhecimento do comportamento animal para o desenvolvimento de métodos integrados com tecnologia eletrônica sem fio e sistemas de decisão para o manejo de animais em pastejo. As informações sobre a posição dos animais obtidas e a oferta diferencial de água e alimentos podem fornecer informações e opções de intervenção na distribuição espacial dos animais. Para que isso fosse possível, foi essencial o desenvolvimento das tecnologias de rastreamento de baixo custo como base nos sistemas de navegação global por satélite (*Global Navigation Satellite Systems* - GNSS) (TROTTER, 2010; ANDERSON et al., 2013). O monitoramento conjunto das diferentes atividades (pastejo, ruminação, descanso etc.) e da posição do animal no campo pode ser muito útil para identificar e delimitar áreas de preferência, fornecer informações úteis para o manejo sanitário e também sobre o bem-estar dos animais. Com esse conhecimento, é possível, por exemplo, ajustar mais adequadamente a pressão de pastejo (LACA, 2009).

Além disso, a identificação eletrônica dos animais permite também a rastreabilidade das informações referentes ao indivíduo, fornecendo informações para a tomada de decisão mais rápida e adequada sobre o manejo. Existem várias alternativas de identificadores animais que estão sendo utilizados tanto na pesquisa como no mercado (TROTTER, 2010; SCHLEPPE et al., 2010; ANDERSON et al., 2013); outra alternativa

de uso seria a possibilidade de ofertar, em tempo real, a alimentação ajustada quanto à composição e à quantidade, de forma individual e automática, para cada animal do rebanho (POMAR et al., 2011).

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

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

Existem várias alternativas de identificadores animais que estão sendo utilizados tanto na pesquisa como no comércio (SCHLEPPE et al., 2010; TROTTER, 2010). Um exemplo de tecnologia promissora é a cerca virtual, que tem sido utilizada comercialmente em pequenos animais. Com essa tecnologia, é possível utilizar informações georreferenciadas da pastagem e estímulos sensoriais nos animais de forma a estabelecer padrões de posicionamento em áreas definidas, sem a utilização de

cercas e aramados (ANDERSON, 2007; UMSTATTER, 2011). Apesar das possibilidades e da variedade de sistemas disponíveis, para que estas tecnologias sejam viabilizadas, comercializadas e adotadas é necessário que os custos sejam acessíveis aos produtores (WATHES et al., 2008; BANHAZI et al., 2012).

Considerações finais

Uma das iniciativas mais comuns, e entendida por muitos no Brasil como o primeiro passo para a adoção da AP, é a aquisição de máquinas e equipamentos. Apesar de comum, é um procedimento de risco. Nas propriedades que iniciaram dessa forma, é possível deparar-se com máquinas cujas funções de mapeamento estão desligadas. Levantamento apresentado por Bernardi e Inamasu (2014) confirma que muitas propriedades que adotam a AP, possuem máquinas e equipamentos, porém, estes estão sendo subutilizados. Os motivos são variados, mas muitos creditam o fato à dificuldade na operação desses equipamentos. Porém, o mais preocupante é o desconhecimento da importância em compreender a variabilidade espacial da propriedade pelo gestor. Ou seja, há aquisição de equipamentos sem que haja uma reflexão ou análise de seu potencial de retorno econômico, no caso específico da propriedade onde serão utilizados, criando uma imagem de que a AP é demasiadamente sofisticada e complexa para a nossa agricultura.

Apesar de o insucesso da aplicação de AP comprometer gravemente a imagem das indústrias de máquinas e dos prestadores de serviços, o sucesso da implantação traz, além de bons resultados, um processo agrícola racional, responsável e rastreável, que demanda mão de obra qualificada e promove o desenvolvimento sustentável.

Todo o arsenal disponível atualmente faz crer que há potencial para gerar um sistema de recomendação quase universal, para iniciar o processo virtuoso de uso da AP. Apesar de a maioria dos agricultores

apresentar alguma dificuldade na implantação, há alguns casos pioneiros que têm adotado com sucesso a AP.

Nos EUA, Europa e Argentina, observa-se o início do estabelecimento desse ciclo virtuoso, exatamente de onde surgem demandas para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P&D&I). A sinergia, portanto, da Embrapa com o setor produtivo é fundamental para que os resultados estejam em sintonia com as necessidades dos produtores, produzindo a inovação esperada pela sociedade.

O ciclo virtuoso só é possível com a participação engajada dos elos da cadeia: agricultores; funcionários (sobretudo operadores de máquinas); consultores; fabricantes de máquinas e equipamentos; prestadores de serviços; fundações, associações e cooperativas de produtores e instituições de ensino tanto no nível técnico como superior.

A pesquisa deve atender às demandas por novos conhecimentos, metodologias e tecnologias, fundamentando cientificamente o entendimento empírico gerado no campo. No entanto, um aspecto fundamental para isso é a necessidade de articulação e integração dos diversos setores envolvidos, como instituições de pesquisa, indústrias de máquinas e equipamentos, empresas de consultoria, assistência técnica e extensão rural, visando à definição clara de demandas para a pesquisa, para a indústria de máquinas e equipamentos, bem como para geradores de políticas públicas e de incentivo.

O conhecimento do comportamento animal e o uso de estratégias de manejo racional podem assegurar o bem-estar dos animais e gerar ganhos diretos e indiretos na produtividade e na qualidade do produto final.

Assim, o sucesso das tecnologias de automação em sistemas pecuários está ligado à integração das informações fornecidas pelos vários sensores de monitoramento, com sensores para solo e o entendimento da dinâmica do pastejo, por exemplo. Essas medidas, juntamente com medidas mais tradicionais, como a de fertilidade do solo, permitirão que o produtor compreenda melhor o sistema pecuário e possa formular

uma estratégia de manejo adequada à sua realidade, permitindo a priorização de investimentos, a racionalização do uso dos recursos e minimizando custos de produção.

Referências

- ANDERSON, D. M. Virtual fencing – past, present and future. **Rangeland Journal**, v. 29, n. 1, p. 65-78, 2007.
- ANDERSON, D. M.; ESTELL, R. E.; CIBILS, A. F. Spatiotemporal cattle data – a plea for protocol standardization. **Positioning**, v. 4, n. 1, p. 115-136, Feb. 2013.
- BAILEY, D. W. Identification and creation of optimum habitat conditions for livestock. **Rangeland Ecology & Management**, v. 58, n. 2, p. 109-118, Mar. 2005.
- BANHAZI, T. M.; LEHR, H.; BLACK, J. L.; CRABTREE, H.; SCHOFIELD, P.; TSCHARKE, M.; BERCKMANS, D. Precision Livestock Farming: an international review of scientific and commercial aspects. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 5, n. 3, p. 1-9, Sep. 2012.
- BATISTELLA, M.; ANDRADE, R. G.; BOLFE, É. L.; VICTORIA, D. C.; SILVA, G. B. S. Geotecnologias e gestão territorial da bovinocultura no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 251-260, 2011. Suplemento especial.
- BERNARDI, A. C. de C.; CAMPANA, M.; BETTIOL, G. M.; OLIVEIRA, P. P. A.; INAMASU, R. Y.; RABELLO, L. M. Variabilidade espacial de propriedades do solo, índices de vegetação e produtividade de pastagem sob manejo intensivo. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014a. p. 513-522.
- BERNARDI, A. C. de C.; FRAGALLE, C. V. P.; FRAGALLE, E. P.; SILVA, J. C. da; INAMASU, R. Y. Estratégias de comunicação em agricultura de precisão. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 20, n. 1, p. 189-200, jan./mar. 2015a.

BERNARDI, A. C. de C.; INAMASU, R. Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 559-577.

BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de Precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014b, 596 p.

BERNARDI, A. C. de C.; PEREZ, N. B. Agricultura de precisão em pastagens. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 492-499.

BERNARDI, A. C. de C.; BETTIOL, G. M.; FERREIRA, R. de P.; SANTOS, K. E. L.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Spatial variability of soil properties and yield of a grazed alfalfa pasture in Brazil. **Precision Agriculture**, v. 17, n.6, p. 737-752, Dec. 2016.

BERNARDI, A. C. de C.; BETTIOL, G. M.; GREGO, C. R.; ANDRADE, R. G.; RABELLO, L. M.; INAMASU, R. Y. Ferramentas de agricultura de precisão como auxílio ao manejo da fertilidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1-2, p. 211-227, jan./ago. 2015b.

EDAN, Y.; HAN, S.; KONDO, N. Automation in agriculture. In: NOF, S. Y. (Ed.) **Springer Handbook of automation**. Dordrecht: Springer, 2009. p.1095-1128. (Series: Springer Handbooks).

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

FILIPPINI ALBA, J. M. Modelagem SIG em agricultura de precisão: conceitos, revisão e aplicações. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 84-96.

FÓRUM INOVAÇÃO, AGRICULTURA E ALIMENTOS PARA O FUTURO SUSTENTÁVEL, 6., 2014. São Paulo. **Desafio 2050**: unidos para alimentar o planeta. Brasília, DF: FAO: Embrapa; São Paulo: ANDEF: ABAG, 2014. Disponível em: <<http://www.desafio2050.org/>>. Acesso em: 05 dez. 2014.

INAMASU, R. Y.; BELLOTE, A. F. J.; LUCHIARI JUNIOR, A.; SHIRATSUCHI, L. S.; OLIVEIRA, P. A. V. de; BERNARDI, A. C. de C. **Portfólio automação agrícola, pecuária e florestal**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2016. 14 p. (Embrapa Instrumentação. Documentos, ISSN 1518-7179; 60).

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. de C. Agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão**: resultados de um novo olhar. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 21-33.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; QUEIROS, L. R.; RESENDE, A. V. de; VILELA, M. de F.; BASSOI, L. H.; PEREZ, N. B.; FRAGALLE, E. P. Estratégia de implantação, gestão e funcionamento da Rede Agricultura de Precisão. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. de C. (Ed.). **Agricultura de precisão**: um novo olhar. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011a. p. 31-40.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. de C.; VAZ, C. M. P.; NAIME, J. de M.; QUEIROS, L. R.; RESENDE, A. V. de; VILELA, M. de F.; JORGE, L. A. de C.; BASSOI, L. H.; PEREZ, N. B.; FRAGALLE, E. P. Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. In: INAMASU, R. Y.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. de C. (Ed.). **Agricultura de precisão**: um novo olhar. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011b. p. 14-26.

INAMASU, R. Y.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; BERNARDI, A. C. de C. (Ed.). **Agricultura de Precisão**: um novo olhar. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011c. 334 p.

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

LACA, E. A.; UNGAR, E. D.; SELIGMAN, N. G.; DEMMENT, M. W. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. **Grass and Forage Science**, v. 47, n. 1, p. 91-102, Mar. 1992.

MACHADO, J. G. de C. F.; NANTES, J. F. D. Identificação eletrônica de animais por rádio-freqüência (RFID): perspectivas de uso na pecuária de corte. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 2, n. 1, p. 29-36, jun. 2004.

PAIVA, C. A. V.; JUNTOLLI, F. V.; CARVALHO, L. F. R.; BERNARDI, A. C. de C.; TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R. Pecuária leiteira de precisão. In: VILELA, D.; FERREIRA, R. de P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. (Ed.). **Pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 307-323.

POMAR, C.; HAUSCHILD, L.; ZHANG, G.; POMAR, J.; LOVATTO P. Precision feeding can significantly reduce feeding cost and nutrient excretion in growing animals. In: SAUVANT, D.; VAN MILGEN, J.; FAVERDIN, P.; FRIGGENS, N. (Ed.). **Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals**. Wageningen: Academic Publishers, 2011. p. 327-334.

PULLANAGARI, R. R.; YULE, I.; KING, W.; DALLEY, D.; DYNES, R. The use of optical sensors to estimate pasture quality. **International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems**, v. 4, n. 1, p. 125-137, Mar. 2011.

RUTTEN, C. J., VELTHUIS, A. G. J., STEENEVELD, W., HOGEVEEN, H. Invited review: sensors to support health management on dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 4, p.1928-1952, Apr. 2013.

SCHELLBERG, J.; HILL, M. J.; GERHARDS, R.; ROTHMUND, M.; BRAUN, M. Precision agriculture on grassland: applications, perspectives and constraints. **European Journal of Agronomy**, v. 29, n. 2-3, p. 59-71, Aug. 2008.

SCHLEPPE, J. B.; LACHAPELLE, G.; BOOKER, C. W.; PITTMAN, T. Challenges in the design of a GNSS ear tag for feedlot cattle. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 70, n. 1, p. 84-95, Jan. 2010.

SERRANO, J. M.; PEÇA, J. O.; PALMA, P.; SILVA, J. R.; CARVALHO, M. Calibração de um medidor de capacitância num projecto de agricultura de precisão em pastagens. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 85-96, dez. 2009.

SERRANO, J. M.; SHAKIB, S.; MARQUES DA SILVA, J. Small scale soil variation and its effect on pasture yield in Southern Portugal. **Geoderma**, v.195-196, p.173-183, Mar. 2013.

STARKS, P. J.; ZHAO, D.; PHILLIPS, W. A.; COLEMAN, S. W. Development of canopy reflectance algorithms for real-time prediction of bermudagrass pasture biomass and nutritive values. **Crop Science**, v. 46, n. 2, p. 927-934, Mar./Apr. 2006.

TROTTER, M. G. Precision agriculture for pasture, rangeland and livestock systems. In: AUSTRALIAN AGRONOMY CONFERENCE, 15., 2010, Lincoln. **Food security sustainable agriculture: proceedings**. Lincoln: Australian Society of Agronomy, 2010.. Disponível em: <http://regional.org.au/au/asa/2010/crop-production/precision-agriculture/7130_trotter.htm#TopOfPage>. Acesso em: 05 dez. 2011.

TROTTER, M. G.; LAMB, D. W.; DONALD, G. E.; SCHNEIDER, D. A. Evaluating an active optical sensor for quantifying and mapping green herbage mass and growth in a perennial grass pasture. **Crop and Pasture Science**, v. 61, n. 5, p. 389-398, May 2010.

UMSTATTER, C. The evolution of virtual fences: a review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 75, n. 1, p. 10-22, Jan. 2011.

WATHES, C. M.; KRISTENSEN, H. H.; AERTS, J. M.; BERCKMANS, D. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 64, n. 1, p. 2-10, Nov. 2008.

YULE, I. J.; FULKERSON, B.; LAWRENCE, H.; MURRAY, R. Pasture measurement: the first step towards precision dairying. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON PRECISION AGRICULTURE RESEARCH AND APPLICATION IN AUSTRALASIA, 10., 2006, Sydney. **Proceedings...** Sidney: Australian Centre for Precision Agriculture, 2006. p. 6.

Embrapa

Pecuária Sudeste

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



CPGE:14250