

TECNOLOGIAS

A SERVIÇO DA SUSTENTABILIDADE E DA AGRICULTURA

Margareth Simões
Luciana S. Soler
Hesley Py

Os serviços ecossistêmicos atribuídos aos solos exercem funções essenciais à manutenção da vida, dentre as quais, a mais reconhecida é a de produção de alimentos. A expansão da agricultura com a transformação nos ecossistemas, a ineficiência no uso da água e o uso excessivo de

agroquímicos contribuem para a degradação das terras, perda de biodiversidade e as mudanças no clima. A manutenção e a resiliência dos recursos da terra estão relacionados às práticas de manejo, à robustez da governança e à mitigação das mudanças ambientais, cujos progressos têm estado cada vez conectados e dependentes do uso

de tecnologias inovadoras, de baixo custo e de acesso democrático.

Com o intuito de apoiar a elaboração de políticas públicas e outras soluções de adaptação e mitigação de impactos, torna-se primordial o avanço das pesquisas em PD&I para o desenvolvimento de um conjunto de tecnologias, metodologias e in-



Foto aérea do campo experimental da Embrapa Agrossilvipastori, em Sinop (MT), tirada com um drone. Na foto, plantio de soja em experimento de ILPF que conta também com pecuária de corte e componente florestal formado por eucalipto.

Foto: Gabriel Rezende Faria. Banco de dados multimídia da Embrapa.

dicadores visando buscar alternativas de produção e consumo menos poluentes e integradas ao mundo urbanizado. Ao mesmo tempo, é imprescindível compreender, em detalhes, como frear a perda da biodiversidade e conservar as funções e serviços ecossistêmicos em escala local e regional, quantificando critérios socioecológicos que apontem para os *tipping-points* da biodiversidade em áreas desflorestadas, nos biomas mais reguladores do clima em escala planetária. Entende-se aqui por sistema socioecológico uma unidade de análise biogeofísica, com seus atores sociais e suas instituições.

A grande complexidade e adaptabilidade dos sistemas socioecológicos exigem a integração de modelos computacionais dinâmicos de mudanças de uso da terra, clima e vegetação. Mais recentemente houve a modelagem de forçantes socioeconômicas e culturais, como os padrões de *trading* entre nações, e de consumo de alimentos e bens das populações, tornando possível qualificar e quantificar a interconexão de determinantes biofísicos climáticos a nível local, regional e continental. Apesar de ainda pouco compreendidos, os impactos regionais e globais das mudanças de uso da terra no clima e regimes hídricos, sua compreensão em escalas locais tem avançado, tornando-se cada vez maior a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que visem explorar de forma sistemática os impactos na sobre-exploração da biodiversidade e quantificar os limites críticos que permitam estabelecer sistemas socioecológicos sustentáveis. Para tanto, há necessidade de se implementar modelos do sistema terrestre que simulem iterativamente retroalimentações positivas e negativas entre sistemas biogeofísicos, socioeconômicos e institucionais. Esses modelos necessitarão de uma quantidade

elevada de dados, exigindo a utilização de ferramentas como *big data* e *cloud computing*, bem como inteligência computacional cognitiva alimentada com a participação de voluntários. Apresentamos, aqui, uma breve discussão sobre como as diversas tecnologias de sensores remotos, modelos computacionais ou digitais podem estar a serviço da sustentabilidade, e ainda como tais modelos são úteis em avaliar impactos de políticas públicas voltadas à conservação dos solos e eficiência da produção agrícola do Brasil.

A coprodução do conhecimento na era digital

Em poucas décadas, o acesso a dados espaciais georeferenciados, antes restrito à academia e à iniciativa privada, se popularizou por meio de grandes compartilhamentos públicos de dados de forma globalizada, graças à internet. Bancos de dados governamentais (ex. IBGE, INPE, FAO, Nasa, ESA) e plataformas *on-line* de geoinformação (Google Maps, Bing e Baidu) permitem hoje o livre acesso a diversas informa-



Inovação tecnológica usada na agricultura.

Foto: Lilian Alves. Banco de dados multimídia da Embrapa.

ções, como imagens de alta resolução espacial de todo o planeta, de forma rápida e sem custos.

No Brasil, a popularização de dados espaciais acurados, uniformizados às escalas regionais e nacionais ocorreu em paralelo à modernização de políticas de compartilhamento e disseminação de dados de monitoramento. Chegamos ao advento dos softwares livres, aprimorados pelos próprios usuários e com vastas bibliotecas de desenvolvimento de soluções computacionais; mais inteligentes pela capacidade de conexão e compartilhamento de ideias em diferentes locais do planeta. E mais, alcançamos a revolução dos *smartphones* e *tablets* que permitiram aos seus usuários se tornarem protagonistas da captura, armazenamento e disseminação da informação, da coprodução do conhecimento e da melhoria de serviços públicos e privados, por meio de mídias e estatísticas sobre hábitos de deslocamento e consumo. Por outro lado, essa revolução foi patrocinada e beneficiou grandes corporações da indústria alimentícia e de bens de consumo, que hoje as utilizam em suas estratégias de mercado. Assim, ao mesmo tempo em que somos mais empoderados de cidadania pela tecnologia, também estamos mais reféns de estratégias de persuasão de consumo.

A popularização do acesso a tais tecnologias pode e deve ter papel na coprodução de conhecimento útil nas decisões governamentais, como nas negociações internacionais da Convenção Quadro do Clima das Nações Unidas. O acesso aos modelos climáticos, hidrológicos, biogeoquímicos e de uso e cobertura da terra, antes restritos à academia, têm cada vez mais incluído parâmetros e cenários confeccionados de forma participativa ou interativa, pelo compartilhamento do conheci-

mento de *atores locais (ribeirinhos, quilombolas, pequenos agricultores, indígenas, assentados da reforma agrária, médios e grandes fazendeiros, técnicos de assistência rural, educadores, assistentes sociais e gestores públicos subordinados ao poder político, etc.)*.

Nesse contexto, os modelos de agentes e cenários *fuzzy* cognitivos acoplados a redes neurais ou algoritmos genéticos formam elementos inovadores, capazes de sistematizar e quantificar a complexidade das redes de conexão entre a produção agrícola, a distribuição e seu consumo com os arranjos institucionais e privados que operam sob os diversos níveis de governança.

O Brasil é um dos países com maior potencial produtivo do mundo, se considerada sua área plantada e a fronteira agrícola, com grande potencial de intensificação da agricultura. O sucesso da agricultura brasileira pode ser atribuído a diversos fatores, como a biotecnologia dos cultivares, as tecnologias de manejo, a expansão do plantio direto e a fixação biológica de nitrogênio. Mais recentemente, os sistemas integrados de produção entre pasto, lavoura e floresta (ILP, ILPF) e a recuperação de pastagens degradadas, apoiados pelo Plano ABC, são, sem dúvida, um dos nossos maiores desafios de inovação no campo. Tecnologias inovadoras assim têm sido estimuladas na promoção de uma agricultura mais sustentável em relação aos processos e à preservação ambiental. Em tempo, a intensificação sustentável torna-se cada vez mais necessária a nosso país, ou seja, produzir mais, com menos recursos e menor impacto no clima.

Iniciativas de produção sustentável têm sido lideradas por pequenos agricultores em alternativa aos custos de insumos, à falta de incentivos e aos riscos do uso contínuo

de agrotóxicos. A já reconhecida importância da agricultura familiar em prover alimentos *in natura* tem sido apontada como a principal responsável pela produção orgânica/agroecológica no país. Organizações sociais e técnicas de manejo inovadoras (projetos de agroecologia, agricultura orgânica, permacultura, etc.) são anunciadas nas mídias sociais, com ofertas de capacitação ou simples compartilhamento de conhecimento. Tais iniciativas têm atraído habitantes urbanos para o campo, em busca de uma vida mais sustentável, da mesma forma que habitantes rurais ou urbanos podem se beneficiar da rede, acessando uma infinidade de comunidades de compra coletiva direto do produtor, consumo consciente, trocas de mudas e sementes, conhecimento de plantas e técnicas e até a localização de feiras e supermercados de produtos orgânicos ou agroecológicos. Essas iniciativas civis corroboram o poder de abrangência das mídias e redes sociais digitais e sua utilidade na popularização de sistemas de produção e consumo mais sustentáveis, e no novo paradigma tecnológico da produção da informação.

Apesar disso, a produção de commodities em larga escala tem investido cada vez mais na agricultura de precisão, como automação, robótica e tecnologias remotas de ponta aplicadas diretamente no campo, tornando plausível o cenário da era das chamadas 'fazendas inteligentes'. Apesar de antagonicas, sob o ponto de vista de otimização, a extrema automação no campo e o retorno do homem urbano ao rural buscando formas sustentáveis de viver, se complementam. A explicação reside na necessidade urgente de se avaliar as opções disponíveis de soluções possíveis, indicadas por tecnologias que sustentem os sistemas socioambientais em 2050 e além,

quando se projeta um mundo com 9 bilhões de pessoas e mudanças climáticas incertas e possivelmente catastróficas. Esse desafio chega à era da cocriação de exorbitante quantidade de informação, da qual somos dependentes, e atualmente somente capazes de gerenciar por meio de ferramentas, como big data e computação em nuvens.

O estado da arte na agricultura tecnificada

A transformação digital chegou ao meio rural, intensificando e reconectando a ligação urbano-rural nas suas diversas abordagens. Termos, como Tecnologia da Informação na Agricultura, Agricultura de Precisão, Agricultura Digital e Agricultura 4.0, estão começando a 'viralizar', com o apoio das nuvens (*cloud*), computação de alto desempenho e por meio dos aplicativos para dispositivos móveis (*apps*) usados no dia a dia do campo em propriedades mais capitalizadas e melhor assistidas no Brasil. O país, com seu protagonismo no agronegócio, vem aplicando geotecnologias para agricultura de precisão, como o uso de sensores, nanotecnologia, previsão de safra, monitoramento *in situ*, modelagem de cenários de mudanças globais. Novos conceitos surgem, como economia verde, bioeconomia, economia sustentável e economia solidária, baseadas em recursos renováveis biofisicamente e socialmente.

O interesse de monopólios e o mapeamento de genes fortaleceram a biotecnologia, permitindo a criação de plantas mais produtivas, resistentes a pragas e mais tolerantes às mudanças de temperatura e concentração de CO₂. Modelos baseados em sistemas complexos estão adentrando o campo do conhecimento cognitivo, diminuindo as incertezas e permitindo a contribuição do conhecimento local

de povos tradicionais e diferentes *stakeholders*. A automação da mão de obra na produção agrícola tem ocorrido com o advento de ferramentas inovadoras e cada vez mais independentes. Alguns exemplos são os *drones* usados para identificar falhas no plantio, os tratores autônomos que calculam desde a largura dos plantios até o percurso mais eficiente em função do terreno e outros tratores ao redor.

Para lidar com o volume de dados gerados, o Brasil tem sistematizado e integrado suas bases em diferentes escalas, por meio de métodos interoperacionais, adoção de padrões de código abertos e soluções *big data* para grandes volumes de dados. A chamada '*internet das coisas*' coleta e armazena padrões mapeados, via *crowdsourcing*, sensores e bases múltiplas, transformando-os em dados úteis à tomada de decisão localmente adaptadas. A chamada Agricultura 4.0 se refere ao uso de tecnologias de ponta na agricultura visando estimular processos na cadeia de valor agregado da produção agrícola e na sustentabilidade ambiental. Incluem-se aí sistemas de rastreamento da sustentabilidade da produção agrícola e industrial e seus impactos na segurança alimentar e nutricional nas diferentes regiões do Brasil. Esbanjando tecnologia, a utilização de sensores, câmeras, GPS e algoritmos inteligentes permite alterar a trajetória de máquinas agrícolas remotamente e por meio de avisos meteorológicos recebidos em tempo real. Igualmente, sensores e modelos matemáticos já podem avaliar a escassez hídrica, bem como estimar perdas da biodiversidade, resiliência dos ecossistemas e alterações nos serviços ecossistêmicos.

Assim, elementos da agricultura tecnificada e conectada geram conhecimento, permitindo ganhos de produtividade e sustentabilidade

de econômica, social e ambiental. Esta agricultura digital, adaptada e barateada com o uso de tecnologia nacional, pode ser a grande revolução no campo, uma vez que pequenos agricultores a grandes produtores de grãos buscam inovar, tornando suas lavouras mais eficientes e sustentáveis.

Desigualdade tecnológica e sustentabilidade

Apesar de a tecnologia se tornar a cada dia mais acessível e da quantidade de informação cada vez maior, a efetiva transformação da informação em conhecimento depende da organização sistemática e de ferramentas robustas de acesso a dados em formatos adequados para o seu pleno uso. Na era da informação e do chamado capitalismo cognitivo, a informação é vista como insumo essencial, sendo que aqueles que têm o acesso e os recursos necessários para sua plena utilização operam em enorme vantagem sobre os demais, criando uma espécie de desigualdade tecnológica. Dessa forma, no que diz respeito às questões econômicas e, conseqüentemente, sociais, caso os conjuntos de dados e a tecnologia necessária para sua exploração não estejam disponíveis e acessíveis a todos, os avanços recentes na promoção de sua publicação só irão colaborar para aumentar as distâncias entre os diferentes arranjos sociais brasileiros.

Os benefícios da disponibilização de grandes volumes de dados em formatos digitais, ou *big data*, contrastam com um passado recente de carência de dados para apoio à tomada de decisão. Porém, para que tal disponibilização não seja mais um fator de exclusão e distanciamento entre diferentes grupos sociais, deve-se investir em tecnologias que permitam a todo cidadão utilizar-se da informação. É justamente nesse sentido que governos

em todo o mundo atentos a essas questões têm avançado na implementação de infraestruturas de dados. Nelas, conceitos tecnológicos como repositórios unificados, dados abertos, metadados e visualização de dados, cooperam com políticas da informação e arranjos institucionais na promoção do acesso aos dados e apropriação da informação.

Com o uso das tecnologias fomentado por políticas públicas, essas infraestruturas estimulam os cidadãos a interagir com os conjuntos de dados, de forma que possam fazer o melhor uso da informação na escala local. Além disso, trazem consigo o benefício da adoção de padrões internacionais e o con-


ceito de dados disponíveis, como serviços, o que favorece a interoperabilidade entre os sistemas, potencializando a utilização dos conjuntos também em escalas regionais e globais.

Nesse contexto, por exemplo, a visualização de dados, em especial por meio de mapas, age como um elemento tecnológico que visa facilitar a vida do cidadão e fornecer elementos de decisão que refletem no consumo e qualidade de vida. Com ela, é possível apresentar os grandes conjuntos de dados em formato visual georreferenciado, sendo esse mais cognitivo e facilmente interpretado no que tange à contextualização do território, promovendo

do, assim, a chamada *inteligência territorial*, e facilitando a apropriação dos dados e informações, tão caros no capitalismo cognitivo.

Conclui-se, portanto, que o grande volume de dados e informações disponíveis, bem como os avanços tecnológicos trazem consigo enormes benefícios na promoção da sustentabilidade ambiental. Isso porque a era digital popularizou a informação e permitiu a todos contribuírem na construção do conhecimento sobre nosso planeta e sobre as consequências de nossas ações. Contudo, é certo que, em um modelo capitalista cada vez mais competitivo e que tem a informação como insumo essencial, caso o acesso a dados e à tecnologia não sejam abertos a todos, certamente se propagará o modelo clássico de recursos e informação apoderados por poucos para dominar muitos.

Por fim, concluímos que para alcançarmos os avanços requeridos na popularização e construção participativa de dados e informações que promovam a sustentabilidade socioambiental, é preciso fomentar investimentos em PD&I e promover políticas de disseminação de dados que tenham em si a preocupação com a apropriação social da informação. A sociedade como um todo empobrece seu poder de cocriação com o controle arbitrário à informação, sob o risco de não conseguir implantar em tempo tecnologias e meios sustentáveis para lidar com as mudanças globais que ameaçam nosso modo de vida.



Cultivar de soja BRS 5601RR, safra 2014/2015, Passo Fundo, RS.

Margareth Simões é pesquisadora da Embrapa Solos no Rio de Janeiro. E-mail: Margareth.simoese@embrapa.br

Luciana Soler é pós-doutoranda pelo CCST/INPE no projeto DEVIL delivering-foodsecurity.org (FAPESP 2016/02773-5). E-mail: lusoler@gmail.com

Hesley Py é pesquisador do IBGE. E-mail: hesleypy@gmail.com