



Relato de pesquisa

## **PRÁTICAS AGRÍCOLAS E IMPACTO NA SEGURANÇA HÍDRICA, ALIMENTAR E ENERGÉTICA: COLOCANDO EM PRÁTICA A MULTIFUNCIONALIDADE DA AGRICULTURA**

Ana Paula D. Turetta (Embrapa Solos, [ana.turetta@embrapa.br](mailto:ana.turetta@embrapa.br)); Elaine Cristina Cardoso Fidalgo (Embrapa Solos, [elaine.cristina@embrapa.br](mailto:elaine.cristina@embrapa.br)); Rachel Bardy Prado (Embrapa Solos, [rachel.prado@embrapa.br](mailto:rachel.prado@embrapa.br)); Joyce Maria Guimarães Monteiro (Embrapa Solos, [joyce.monteiro@embrapa.br](mailto:joyce.monteiro@embrapa.br)); Bernadete da Conceição Pedreira (Embrapa Solos, [benandete.pedreira@embrapa.br](mailto:benandete.pedreira@embrapa.br)); Azeneth EufRASino Schuler (Embrapa Solos, [azeneth.schuler@embrapa.br](mailto:azeneth.schuler@embrapa.br)), Gabriela Teixeira Duarte (Embrapa Solos, [gabitduarte@gmail.com](mailto:gabitduarte@gmail.com))

Segundo Bosshard (2000), o conceito de sustentabilidade é um dos mais desafiadores dos últimos tempos. Foi na década de 1970 que esse conceito começou a ser difundido em algumas disciplinas específicas. Quase duas décadas depois, com o Relatório de Brundtland (WESTERN CAPE EDUCATION DEPARTMENT, 1987), esse termo ganhou notoriedade e se expandiu para diferentes áreas da pesquisa, além de ter se projetado entre os tomadores de decisão em todo o mundo.

Nesse relatório, se propõe o desenvolvimento sustentável como um processo de mudança em que a exploração de recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento ecológico e a mudança institucional se harmonizam e estão de acordo com as necessidades das gerações atuais e futuras. Esse conceito de sustentabilidade deriva da visão de que os seres humanos estão consumindo o meio ambiente a um ritmo tão intenso (usando a natureza de forma insustentável) que brevemente resultará no esgotamento dos recursos naturais.

Com a evolução do conceito convergiu para uma abordagem mais compreensível e prática e na Conferência Mundial Rio 92, o termo sustentabilidade foi incorporado, definitivamente, na agenda global. Desde então, o desafio de conciliar o crescimento econômico, a preservação ambiental e a melhoria das condições de vida da população está cada vez maior. Frente a esse desafio, às restrições impostas pela legislação ambiental e à cobrança da sociedade por uma produção ambientalmente amigável, o produtor e os tomadores de decisão carecem de ferramentas capazes de avaliar o quanto determinada atividade é ou não é sustentável e assim garantir meios de produção mais adequados.

Em 2030, estima-se que a população mundial será de 8,3 bilhões de pessoas, pressionando ainda mais as fontes de energia, água, alimentos, uso da terra e extração mineral, sobretudo no mundo em desenvolvimento (ROCKEFELLER FOUNDATION & GBN, 2010). Em termos quantitativos, entre os anos 2000 e 2050, mantendo-se o ritmo atual, estima-se que a demanda mundial por água aumentará em: até 400% para a indústria; 140% para geração de energia; e 130% para o abastecimento de água, sendo, para a irrigação, decréscimo em aproximadamente 15%. Traduzindo as projeções em termos quali-quantitativos e seus impactos em custos econômicos estimados, o Fórum Econômico Mundial sobre riscos globais identificou a segurança hídrica



como um dos grandes desafios mundiais, que poderão ultrapassar 400 bilhões de dólares de riscos aos negócios. Marcial (2015), destaca que para os próximos nove anos, as maiores preocupações serão o setor industrial e o abastecimento de água para a sociedade. A autora destaca ainda que até 2030, aproximadamente um bilhão de pessoas a mais viverão em áreas com escassez de água e quase metade da população mundial viverá em áreas com grave estresse hídrico. Por outro lado, espera-se a integração entre os setores usuários de água, sobretudo nos países desenvolvidos, gerando maior benefício na alocação do recurso hídrico (NISTEP, 2010).

Nesse contexto, a alteração no fluxo dos rios também afetará os níveis da água em reservatórios utilizados na geração de energia elétrica, que é uma atividade de uso intensivo dos recursos hídricos (TRIVEDI et al., 2012). Atender a crescente demanda de energia gerará um aumento da pressão sobre os recursos hídricos continentais, com repercussões sobre outros usuários, como os da agricultura e da indústria (WWAP, 2015).

A atividade agrícola segue a mesma tendência. Até 2050, a agricultura precisará produzir globalmente 60% a mais de alimentos, e 100% a mais nos países em desenvolvimento. Sendo já insustentáveis os atuais índices de crescimento global da demanda de água pela agricultura, o setor terá de aumentar sua eficiência no uso dessa água, reduzindo as perdas e, ainda mais importante, aumentando a produtividade das culturas em relação aos recursos hídricos utilizados (WWAP, 2015).

Dessa forma, é premente a criação de sinergias para maximizar a eficiência dos recursos naturais tendo em vista as necessidades da sociedade. Uma das formas é considerar práticas agrícolas como potenciais facilitadoras desse processo, tendo em vista a multifuncionalidade da agricultura (Vos et al., 2000).

#### Avaliação integrada da sustentabilidade

Segundo Kates et al. (2001), um dos principais objetivos da avaliação integrada da sustentabilidade é oferecer aos tomadores de decisão uma avaliação global de determinada questão (atividade, área, bacia de drenagem, etc.) sobre a integração sociedade (aspectos socioeconômicos e institucionais) e natureza, em diferentes recortes temporais, a fim de auxiliá-los a determinar quais ações devem ou não devem ser tomadas na tentativa de tornar a sociedade sustentável.

Estudos ambientais, realizados a partir da década de 1990, apresentaram um vasto conjunto de reflexões sobre a avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção agrícolas, que convergiam para a ideia de que para uma sociedade atingir grau satisfatório de desenvolvimento, deveria ocorrer, concomitantemente, crescimento econômico, preservação ambiental e equidade social (HARDI; ZDAN, 1997; VEZZOLI; MANZINI, 2002, LAWN, 2006; SACHS, 2010). Nesse contexto, a utilização de critérios e de indicadores de sustentabilidade possibilitou avaliações de impactos dos processos de desenvolvimento, seja em áreas urbanas ou em áreas rurais. Esse processo auxiliou em avaliações regionais, como na aplicação de políticas públicas visando medidas mitigadoras de passivos sociais e ambientais (VAN BELLEN, 2006; VEIGA, 2010).

Um dos desafios das avaliações de sustentabilidade é como integrar as informações de vários indicadores e apresentar resultados sobre a sustentabilidade de determinado sistema. Nesse



contexto, desenvolvem-se os sistemas de avaliação de sustentabilidade, que a avaliam de forma mais precisa e são mais eficientes para orientar a tomada de decisão sobre esse tema. Esses sistemas permitem organizar uma base de dados – cartográfica, indicadores, etc. – que será usada na tomada de decisão e na resolução de problemas (PIETERSEN, 2006).

#### Abordagem Nexus para Alimento – Água – Energia (A-A-E)

A abordagem Nexus exige uma integração sistemática para abordar questões relacionadas à segurança alimentar, hídrica e energética em vários níveis, gerando diferentes cenários (RASUL, 2014; WEF, 2011; HOFF, 2011; HELLEGERS et al., 2008). Essa abordagem procura maneiras de conceituar e, se possível, quantificar as ligações entre A-A-E em uma única estrutura capaz de gerar avaliações integradas focadas em segurança alimentar, hídrica e energética (FLAMMINI et al., 2014).

Alguns dos elementos considerados pelo Nexus A-A-E incluem: as três áreas possuem bilhões de pessoas sem acesso (quantidade, qualidade ou ambos); possuem demanda global crescente e restrições de recursos; são ""bens globais"" e envolvem comércio internacional (têm implicações globais); têm diferentes disponibilidades em escala regional e variações no fornecimento e demanda; apresentam fortes interdependências com as mudanças climáticas e com disponibilidade de recursos naturais; apresentam problemas de segurança profundos, pois são fundamentais para o funcionamento da sociedade; operam em mercados fortemente regulamentados e exigem a identificação e o tratamento explícitos de riscos (BRAZILIAN et al., 2011).

Entender a interação A-A-E e abordá-los de forma integrada é ainda um grande desafio. Brazilian et al. (2011) afirmam que um passo fundamental para aproximar esses aspectos é desenvolver ferramentas analíticas robustas, modelos conceituais, algoritmos apropriados e validados e conjuntos de dados robustos que possam fornecer informações sobre o futuro uso de energia, água e alimentos.

O objetivo geral do trabalho é avaliar o impacto de práticas rurais conservacionistas na segurança alimentar, hídrica e energética considerando a abordagem Nexus A-A-E no município de Rio Claro, área de contribuição direta do reservatório de Ribeirão das Lages, importante manancial para abastecimento de água e energia para a região metropolitana e cidade do Rio de Janeiro.

#### Qualificação do problema e desenvolvimento metodológico

A hipótese a ser avaliada é que o conjunto de práticas agrícolas, ou algumas delas, se configuram como boas práticas e soluções sustentáveis na paisagem rural resultando num ambiente mais eficiente no uso dos recursos naturais e concomitantemente contribuem para a segurança alimentar, hídrica e energética.

Parte-se de algumas práticas agrícolas já consagradas sob os pontos de vista prático e científico, a saber: proteção de nascentes, recuperação de área ripária, plantio direto, adubação verde, rotação de culturas, terraceamento, plantio em nível, bacias de contenção, agrofloresta, saneamento básico (fossa séptica), rotação de pastagem e tratamento de estrume.



O projeto será estruturado de forma a atender à abordagem múltipla e integrada Nexus A-A-E. Uma das potencialidades dessa abordagem é a avaliação do desempenho de uma intervenção – que pode ser técnica ou política – em um dado contexto. Um dos objetivos finais dessa avaliação é informar as respostas em termos de estratégias de ações, a partir da avaliação de opções de políticas públicas e/ou intervenções (Figura 1).

Figura 1: Etapas do projeto Nexus.

O arcabouço da metodologia Nexus encontra ressonância em outros modelos de avaliação integrada da sustentabilidade, alguns já aplicados pela equipe do projeto, como o caso da ferramenta de avaliação participativa FoPIA (KÖNIG et al., 2010; KÖNIG, et al., 2012a; KÖNIG, et al., 2012b; COUTINHO et al., 2017). Dessa forma, a primeira etapa do projeto foi a adaptação e compatibilização entre a abordagem Nexus e a metodologia FoPIA, o que incluiu um extenso levantamento de dados e informações, assim como dos instrumentos legais disponíveis para o tema do projeto em nível Federal, Estadual e Municipal e a realização de um workshop de especialistas (realizado em Abril de 2019) para a definição dos atributos de uso da terra e seus indicadores, e também da relação entre tais atributos com as práticas agrícolas. No presente trabalho serão apresentados resultados parciais do projeto até o momento.

A área piloto é o município de Rio Claro (RJ), área de contribuição direta do reservatório de Ribeirão das Lajes. Essa área foi escolhida por representar de forma única o contexto a ser estudado: uma área sob domínio da Mata Atlântica, com produção agrícola incipiente, sérios problemas ambientais resultantes da degradação de suas terras, que apresenta um grande reservatório de água responsável por abastecer a cidade do Rio de Janeiro e Baixada Fluminense (Figura 2). Assim, desenvolver estudos integrados considerando A-A-E é fundamental nessa área, especialmente a possibilidade de transformação da paisagem a partir de práticas conservacionistas, que poderão devolver a qualidade daquelas terras, o que significa restaurar a produção agrícola, diminuir a erosão e otimizar o uso da água e de energia, assim como de outros insumos agrícolas.

Figura 2: Área piloto do projeto (Mapa elaborado por Elaine Fidalgo e equipe a partir do levantamento de informações realizado pelo projeto).

#### Resultados parciais e considerações finais

O principal avanço do projeto até o momento é a organização de uma extensa base de dados que inclui informações de bases oficiais, informações espaciais (IBGE, INEA, MapBiomas, etc) e instrumentos legais relacionados ao tema.

Essa organização facilitou o processo de definição do arcabouço metodológico para a avaliação integrada da segurança hídrica, alimentar e energética, uma vez que o projeto prioriza o uso de dados secundários, tendo em vista que a aplicação da metodologia final por tomadores de decisão. Espera-se que dessa forma no planejamento de ações relacionados ao uso agrícola da terra possam ser também incorporadas informações relacionadas ao impacto dessas práticas nas seguranças.



Em Abril de 2019 foi realizado na Embrapa Solos o primeiro workshop de especialistas (equipe do projeto e também convidados externos com experiência no tema) do projeto Nexus, cujo objetivo foi apresentar e validar a base de dados e metodologia do projeto.

A metodologia estrutura-se em atributos de uso da terra tendo como base o conceito de “Land Use Functions” (PÉREZ-SOBA et al., 2008; TURETTA et al.; 2015). Tais atributos estão relacionados à forma que cada uso da terra pode contribuir para determinado objetivo. No projeto, esse conceito é entendido como cada uso/cobertura da terra pode contribuir para a segurança hídrica, alimentar e energética. A partir da definição desses atributos são associados um conjunto de indicadores capaz de identifica-los e monitorá-los.

Uma extensa revisão bibliográfica sobre práticas agrícolas e seu impacto nas seguranças hídrica, alimentar e energética foi realizada afim de dar embasamento aos especialistas para correlacionarem tais práticas com os atributos de uso da terra. Dessa forma foi gerada a matriz para a análise integrada que será gerada em etapas futuras do projeto.

Após as primeiras análises geradas será organizado um novo workshop, dessa vez voltado para os tomadores de decisão, potenciais usuários da ferramenta que está sendo desenvolvida. Nesse segundo momento o objetivo será validar a metodologia pelo público alvo. Assim, possíveis ajustes poderão ser feitos para que o resultado final seja viável de aplicação.

Espera-se assim demonstrar que a atividade agrícola quando considera práticas conservacionistas, pode também gerar outros benefícios para a sociedade, valendo-se do seu potencial multifuncional.

#### Referências Bibliográficas

BOSSHARD, A. A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, NL, n. 77, p. 29-41, 2000.

BRAZILIAN, M.; ROGNER, H.; HOWELLS, M.; HERMANN, S.; ARENT, D.; GIELEN, D.; STEDUTO, P.; MUELLER, A.; KOMOR, P.; ROL, R.S.J.; YUMKELLA, K.K. Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy* 39, 7896 – 7906. 2011.

COUTINHO, H. L. C.; TURETTA, A. P. D.; MONTEIRO, J. M. G.; CASTRO, S. S.; PIETRAFESA, J. P. Participatory Sustainability Assessment for Sugarcane Expansion in Goiás, Brazil. *Sustainability*, Basel: MDPI, 9 (9), 2017. Disponível em: <[www.mdpi.com/journal/sustainability](http://www.mdpi.com/journal/sustainability)>. Acesso em: 25 set. 2017.

FLAMMINI, A.; PURI, M.; PLUSCHKE, L.; DUBOIS, O. Walking the nexus talk: assessing the water-energy-food nexus in the context of the sustainable energy for all initiative. *Climate, Energy and Tenure Division (NRC) Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*. July 2014 Disponível em <http://www.fao.org/energy/water-food-energy-nexus/en/> Acesso em 20 de agosto de 2017.



HARDI, P.; ZDAN, T. J. Assessing sustainable development: Principles in Practice. Winnipeg, Manitoba: IISD, 1997. ISBN 1-895536-07-3. 167p

HELLEGERS, P.J.; Zilberman, D.; Steduto, P.; McCornick, P. Interactions among water, energy, food and environment: evolving perspectives and policy issues. *Water Policy* 10 (Suppl. 1), 1-10, 2008.

HOFF, H. Understanding the Nexus. In: Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm, 2011.

KATES, R. W.; CLARK, W. C.; CORELL, R.; HALL, M. J.; JAEGER, C. C.; LOWE, I.; MCCARTHY, J. J.; SCHELLNHUBER, H. J.; BOLIN, B.; DICKSON, N. M. Sustainability science. *Science*, Washington, DC, n. 292, p. 641-642, 2001.

KÖNIG, H. J.; SCHULER, J.; SUARMA, U.; McNEILL, D.; IMBERNON, J.; DAMAYANTI, F.; DALIMUNTHE, S.A.; UTHES, S.; SARTOHADI, J.; HELMING, K.; MORRIS, J. Assessing the Impact of Land Use Policy on Urban-Rural Sustainability Using the FoPIA Approach in Yogyakarta, Indonesia. *Sustainability*, v. 2, n. 7, p. 1991-2009, 2010.

KÖNIG, H.J.; SGHAIER, M.; SCHULER, J.; ABDELADHIM, M.; HELMING, K.; TONNEAU, J. P.; OUNALLI, N.; IMBERNON, J.; MORRIS, J.; WIGGERING, H. Participatory Impact Assessment of Soil and Water Conservation Scenarios in Oum Zessar Watershed, Tunisia. *Environmental Management*, v. 50, n. 1, p. 153-165, 2012a.

KÖNIG, H. J.; ZHEN, L.; HELMING, K.; UTHES, S.; YANG, L.; CAO, X.; WIGGERING, H. Assessing the impact of the sloping land conversion programme on rural sustainability in Guyuan, Western China. *Land Degradation & Development*, 2012b.

LAWN, P. A. Sustainable development indicators in ecological economics. Edward Elgar Publishing, Incorporated, 2006. 467p. ISBN 9781845428952.

MARCIAL, C.E. (Org.) Megatendências mundiais 2030: o que entidades e personalidades internacionais pensam sobre o futuro do mundo?: contribuição para um debate de longo prazo para o Brasil. Brasília, IPEA, 2015. 175 p. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/151013\\_megatendencias\\_mundiais\\_2030.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/151013_megatendencias_mundiais_2030.pdf)> Acesso em: 26 set. 2017.

NISTEP. National Institute of Science and Technology Policy. Future scenarios opened up by science and technology. Tokyo: Nistep, 2010. (Nistep Report, n. 141). Disponível em: <<http://goo.gl/pdiRRE>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

PÉREZ-SOBA, M.; PETIT, S.; JONES, Laurence. Land use functions — a multifunctionality approach to assess the impact of land use changes on land use sustainability. In: HELMING, K.; PÉREZ-SOBA, M.; TABBUSH P. (Eds.). *Sustainability Impact Assessment of Land Use Changes*: Springer, Berlin, Heidelberg, cap. 19, p.375-404, 2008. ISBN 978-3-540-78647-4

PIETERSEN, K. Multiple criteria decision analysis (MCDA): a tool to support sustainable management of groundwater resources in South Africa. *Water SA*, [S.l.], n. 32, p. 119-128, 2006.



RASUL, G. Food, water, and energy security in South Asia: a nexus perspective from the Hindu Kush Himalayan region. *Environmental Science & Policy* 39, 35-48, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901114000239>>. Acesso em: 26 set. 2017.

ROCKEFELLER FOUNDATION & GBN – GLOBAL BUSINESS NETWORK. Scenarios for the future of technology and international development . New York: Rockefeller Foundation; GBN, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/mI7tAF>>. Acesso em: 17 fev. 2014.

SACHS, I. Barricadas de ontem, campos de futuro. *Estudos Avançados*, v. 24, p. 25-38, 2010.

TRIVEDI, M.; COSTA, D.; MENESES-FILHO, L.; OAKES, N.; MITCHELL, A.; STRASSBURG, B.; ORTIZ, R.; SEROA DA MOTTA, R.; GUEDES PINTO, L. F.; HALL, A.; OMETTO, J. P. Think PINC: Securing Brazil's food, water and energy with Proactive Investment in Natural Capital. Oxford, UK: Global Canopy Programme, 2012.

TURETTA , A.P.D.; COUTINHO, H.L.C. Funções de uso e indicadores de sustentabilidade casos de expansão sucroalcooleira no Sudoeste de Goiás. In: CASTRO, S.S.; HERNANI, L.C. Solos Frágeis – caracterização, manejo e sustentabilidade. 2015. Disponível em file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Livro-Solos-Frageis.pdf Acesso em 29 de setembro de 2017.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de desenvolvimento sustentável (cap. 4) In: H. M. V. B.. Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora da FVG. 2006.

VEIGA, J. E. D. Indicadores de sustentabilidade. *Estudos Avançados*, v. 24, p. 39-52, 2010.

VOS, W. & HOOGENDOORN, J., 2000. Multifunctionality of agriculture and landscape: challenges for innovative research. In: Boekestein, A., Diederer, P., Jongen, W.M.F., et al. eds. Towards an agenda for agricultural research in Europe: proceedings of a conference held in Wageningen, The Netherlands, from 13-15 April 1999. Wageningen Pers, Wageningen, 215-223.

WEF. World Economic Forum. Global Risks 2011: Sixth Edition – An Initiative of the Risk Response Network. World Economic Forum in collaboration with Marsh & McLennan Companies, Swiss Reinsurance Company, Wharton Center for Risk Management, University of Pennsylvania and Zurich Financial Services, Cologny/Geneva, Switzerland. 2011.

WESTERN CAPE EDUCATION DEPARTMENT. Our Common Future. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WWAP – Programa de Avaliação Mundial da Água. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos – Água para um mundo sustentável. 2015. Sumário Executivo. Disponível em: <[http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummaryPOR\\_web.pdf](http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummaryPOR_web.pdf)> Acesso em: 26 set. 2017."

**Palavras-chave:** multifuncionalidade da agricultura; avaliação integrada; indicadores



**Fonte(s) de financiamento:** Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

**Conflito de interesses:** Não há conflito de interesse a declarar