



CADERNOS PARA DEBATE

n. 2 • Janeiro de 2015

# AGROECOLOGIA E O DESENHO DE SISTEMAS AGRÍCOLAS RESILIENTES ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

CLARA I. NICHOLLS

MIGUEL A. ALTIERI

ALEJANDRO H. SALAZAR

MARCOS A. LANA

**AGRICULTURAS**  
EXPERIÊNCIAS EM AGROECOLOGIA



# AGRICULTURAS

EXPERIÊNCIAS EM AGROECOLOGIA

ISSN: 1807-491X

**Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**  
**Cadernos para Debate N.2**

*Revista Agriculturas: experiências em agroecologia* é um projeto editorial da  
AS-PTA Agricultura Familiar e Agroecologia integrado à AgriCultures Network



Rua das Palmeiras, n.º 90 • Botafogo • Rio de Janeiro • RJ • Brasil  
CEP: 22270-070 • Telefone: 55(21) 2253-8317 Fax: 55(21)2233-8363  
E-mail: revista@aspta.org.br • www.aspta.org.br



Fundação ILEIA (secretariado da AgriCultures Network)  
PO Box 90, 6700 AB Wageningen, Holanda  
Telefone: +31 (0)33 467 38 75 Fax: +31 (0)33 463 24 10  
www.ileia.org

---

## **EQUIPE EXECUTIVA**

**Editor** – Paulo Petersen

**Produção Executiva** – Adriana Galvão Freire

**Foto da capa** – Francisco Nogueira

**Fotos do texto** – Xirumba

**Projeto gráfico e diagramação** – I Graficci Comunicação e Design

**Impressão:** Gol Gráfica

**Tiragem:** 1000

# Agroecologia e o desenho de sistemas agrícolas resilientes às mudanças climáticas

3

Clara I. Nicholls, Miguel A. Altieri, Alejandro H. Salazar e Marcos A. Lana



## I - Introdução

O relatório de 2013 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) afirma que as mudanças climáticas impactarão a produção de alimentos e de fibras em todo o mundo. Essas mudanças afetarão o crescimento e a produtividade das plantas cultivadas, devido a fatores como o aumento na concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, a elevação das temperaturas médias, a alteração nos regimes de precipitação e evapotranspiração, o aumento da frequência de eventos climáticos extremos, bem como pela modificação das populações de plantas espontâneas, insetos-praga e organismos patogênicos.

Embora os estudos de modelagem sugiram o aumento da frequência de perda de safras devido à variabilidade climática e ao aumento da frequência de eventos extremos como secas e inundações - ou ainda, por mudanças na precipitação e variação da temperatura -, os impactos sobre os sistemas alimentares em escala global podem ser relativamente pequenos na primeira metade do século 21 (ADAMS et al., 1998). Posteriormente, os impactos negativos serão mais intensos.

Estudiosos da área afirmam que a produção agrícola de países em desenvolvimento (especialmente em baixas latitudes) sofrerá os maiores impactos e em um espaço de tempo mais curto do que a produção de países desenvolvidos localizados em altas latitudes. Além de fatores agroclimáticos adversos, condições socioeconômicas e tecnológicas intensificarão os efeitos negativos das mudanças do clima (ROSENZWEIG E HILLEL, 2008).

Devido a esses impactos negativos, avalia-se que ocorrerá um incremento substancial no número de pessoas desnutridas no mundo. Além disso, os efeitos do aumento progressivo da temperatura média global levarão a um aumento sucessivo e acentuado dos preços dos alimentos, o que, por sua vez, provocará revoltas sociais mais frequentes e intensas, tal como as que ocorreram em 2008 em vários países do mundo (HILLEL e ROSENZWEIG, 2009).

Essas constatações sugerem duas realidades importantes: a) a agricultura é a atividade humana mais vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas, devido à forte dependência do suprimento adequado de água e temperatura, além da necessidade de um delicado balanço atmosférico de gases como o dióxido de carbono e metano; e b) as mudanças climáticas e a segurança alimentar mundial são fenômenos indissociáveis.

Esse quadro torna-se ainda mais crítico quando constatamos que 80% das terras aráveis do mundo vêm sendo cultivadas com um limitado número de espécies vegetais (milho, soja, trigo, arroz, principalmente), restringindo perigosamente a diversidade genética nos sistemas agrícolas mundiais (ADAMS et al., 1971). A maioria dessas espécies é cultivada em *sistema de monoculturas*, que, devido à

homogeneidade ecológica, é particularmente vulnerável às alterações climáticas e a estresses bióticos.

Certamente, para enfrentar os efeitos das mudanças associadas ao aumento da frequência e da intensidade das condições climáticas extremas, as áreas ocupadas com monocultivos terão que ser redesenhadas. A capacidade de adaptação é considerada um fator-chave que definirá a gravidade dos impactos das mudanças climáticas na produção de alimentos. Mas isso dependerá das estratégias adaptativas que serão desenvolvidas. Estratégias que não alterarem radicalmente a natureza dos monocultivos – como, por exemplo, a simples mudança no calendário de plantio, as novas cultivares ou o uso da irrigação – podem mitigar os impactos negativos apenas temporariamente (MATTHEWS *et al.*, 2013).

Os maiores e mais duradouros benefícios provavelmente resultarão de medidas agroecológicas mais radicais, incluindo a diversificação dos agroecossistemas na forma de policultivos, sistemas agroflorestais e sistemas integrados de lavoura-pecuária, acompanhadas de manejos orgânicos do solo, de práticas de conservação da água, da agrobiodiversidade e de constituição de estoques de recursos.

Neste artigo, afirmamos a necessidade de transformações nas áreas ocupadas com monoculturas, favorecendo a diversidade nos campos de cultivo e a heterogeneidade na escala da paisagem, uma estratégia que representa um caminho consistente para o aumento da produtividade, da sustentabilidade e da resiliência da produção agrícola, ao mesmo tempo em que reduz os impactos socioeconômicos e ambientais negativos que advirão com as alterações climáticas (ALTIERI, 2002, DE SCHUTTER, 2010).

## 2 - Os efeitos das mudanças climáticas na produção agrícola

Há vasta literatura acadêmica que aborda os impactos das mudanças climáticas sobre a produção agropecuária (KURUKULASURIYA e ROSENTHAL, 2003, EASTERLING *et al.*, 2007, LOBELL e GOURDJ, 2012). Embora os autores apresentem diferentes cenários quanto aos impactos em diferentes regiões, há um amplo consenso de que a produtividade das lavouras e da pecuária diminuirá devido às altas temperaturas médias e ao aumento dos níveis de estresse hídrico nas lavouras.

Embora o suprimento agrícola mundial tenda a se manter relativamente estável, grandes variações entre as regiões são esperadas. O comprimento do período favorável aos cultivos aumentará nas regiões de latitudes médias e altas. Mas esse aumento não compensará as perdas esperadas nas regiões tropicais, justamente as que mais serão afetadas pelas mudanças climáticas.

Estudos históricos demonstram que as mudanças climáticas provocaram impactos negativos sobre a produtividade agrícola. De acordo com Lobell *et al.*

(2011), 40 milhões de toneladas por ano foram perdidas entre 1981-2002. Também Jones e Thornton (2003) projetaram para 2055 uma redução de cerca de 10% da produção de milho na África e na América Latina, o que corresponde a perdas de US\$ 2 bilhões ao ano.

Mudanças na precipitação sazonal, em volumes totais ou no padrão de variabilidade pluviométrica, também terão impacto sobre a produção agrícola. Mas grande parte dos modelos de simulação do clima prevê que a maioria dos impactos será impulsionada por tendências de aumento na temperatura, e não por alterações nas precipitações. Mudanças no rendimento das culturas não irrigadas serão provocadas por alterações na precipitação e na temperatura. Já os cultivos irrigados, serão influenciados apenas pelas variações térmicas. O principal efeito das temperaturas elevadas é a aceleração do desenvolvimento vegetativo, o que repercute negativamente sobre os rendimentos físicos das lavouras. O efeito do aumento das médias térmicas vai depender da temperatura ótima para o crescimento e a reprodução da cultura: em áreas onde o aquecimento for superior à temperatura ideal da cultura, os rendimentos tenderão a diminuir (LOBELL e FIELD, 2007).

A demanda por água para irrigação deve subir em um clima mais quente, aumentando a evaporação do solo e acelerando a evapotranspiração das plantas. Esse aumento na demanda hídrica pode gerar conflitos pelo uso de água entre as atividades agrícolas, urbanas e industriais.

Um aumento da evapotranspiração potencial também deve intensificar o estresse hídrico já comumente observado em cultivos de regiões semiáridas tropicais e subtropicais. Para se manterem viáveis, essas áreas não irrigadas (89% de cereais na África subsaariana são de sequeiro, por exemplo) necessitarão de irrigação, acarretando maiores custos produtivos e provocando conflitos pelo acesso à água (DOLL, 2002). Além disso, o aprofundamento dos lençóis freáticos, com o consequente aumento da energia necessária para bombear a água, tornará a irrigação ainda mais cara, especialmente quando condições mais secas exigirem maior aporte de água.

Pesquisadores advertem também que certos insetos-praga, doenças e plantas espontâneas poderão sobreviver ou até mesmo se reproduzir com mais frequência a cada ano, caso os invernos não sejam suficientemente frios para interromper os ciclos de reprodução desses organismos. Estações de crescimento mais extensas favorecerão um maior número de ciclos reprodutivos de determinadas espécies de insetos-praga (PORTER et al., 1991). Temperaturas de inverno mais elevadas permitirão que um maior número de larvas sobrevivam, causando uma maior infestação durante a safra seguinte. Novas espécies de inseto-praga também poderão surgir com as novas condições climáticas. Os insetos-praga de menor latitude, por exemplo, poderão deslocar-se para latitudes mais altas. Além disso, a alteração nos padrões de vento poderá mudar a propagação de insetos-praga e de bactérias e fungos patogênicos em cultivos (COAKLEY et al., 1999).

Emissões antropogênicas de gases de efeito estufa aumentarão a concentração de dióxido de carbono atmosférico em até 57% em 2050. Numerosas publicações afirmam que o aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera será positivo para a agricultura devido ao aumento na taxa fotossintética e ao aumento na eficiência de uso da água pelas plantas (FUHRER, 2003). Esses efeitos são mais fortes para plantas com a via fotossintética C3 (trigo, arroz e soja, por exemplo), cujo rendimento pode aumentar em 30% ou mais com o dobro da atual concentração de CO<sub>2</sub>. O dióxido de carbono também tem um efeito positivo para plantas C4 (milho, milheto, sorgo, entre outros), porém a uma taxa bastante inferior (menos do que 10% de aumento) (HATFIELD *et al.*, 2011). Ao mesmo tempo, há um intenso debate a respeito de uma possível superestimação dos incrementos de produtividade esperados devido ao aumento da concentração de CO<sub>2</sub>.

### 3 - Vulnerabilidade dos agroecossistemas

As extensões de terra cultivadas com monoculturas têm aumentado dramaticamente em todo o mundo. Nada menos que 80% dos 1,5 bilhões de hectares de terras aráveis são dedicados a monoculturas de alguns. Trigo, milho, arroz e batatas representam cerca de 60% das fontes de alimento vegetal do mundo, e apenas 14 espécies de animais fornecem 90% de toda a proteína animal (VIGOUROUX, 2011). Geneticamente, a agricultura moderna é incrivelmente dependente de um número reduzido de variedades das principais espécies cultivadas.

Nos Estados Unidos, 60-70% da área total de feijão é plantada com duas ou três variedades, 72% da área de batata com quatro variedades e 53% da área de algodão com três variedades (ROBINSON e WALLACE, 1996). Os dados disponíveis indicam que a diversidade de espécies cultivadas por unidade de terra arável continua a diminuir. Em grande medida, isso pode ser explicado pelo aumento das áreas com lavouras transgênicas (principalmente de soja e de milho) e pela tendência de destinação de grandes áreas para o cultivo de milho, cana-de-açúcar, dendê e soja para a produção de agrocombustíveis. Na última década, mais de 81 milhões de hectares em todo o mundo foram vendidos para investidores estrangeiros, um processo conhecido como grilagem massiva de terra (*landgrabbing*, em inglês). Mais de 60% dessas terras são destinadas a monoculturas de exportação. Dois terços desses negócios de terras agrícolas estão em países com graves problemas de fome (FRANCO *et al.*, 2014).

Muitos cientistas argumentam que a redução drástica da diversidade de plantas cultivadas tornou a produção mundial de alimentos mais vulnerável. Entre outros aspectos, eles têm alertado para os riscos associados à uniformidade genética das culturas, alegando que a homogeneidade ecológica na agricultura está intimamente ligada a invasões de insetos-praga e epidemias (ADAMS *et*

al., 1971; ALTIERI e NICHOLLS, 2004). Essas preocupações não são novas e tornaram-se evidentes em 1972, com a divulgação do relatório sobre vulnerabilidade genética das principais culturas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1972), que afirmou:

*Ao longo dos tempos, a tendência dos esforços de melhoramento dos cultivos tem sido a de selecionar variedades com características que proporcionam maiores rendimentos, concentrando-se em grande parte em linhagens genéticas que combinam as características mais desejáveis. A homogeneidade e a uniformidade que resultam desse processo podem proporcionar vantagens substanciais tanto na quantidade como na qualidade da colheita. Mas essa mesma homogeneidade genética pode também resultar em uma maior suscetibilidade a patógenos. Nesse sentido, quanto mais a seleção agrícola altera o equilíbrio natural em favor da uniformidade das variedades em grandes áreas, mais vulneráveis essas variedades são às perdas causadas por epidemias. Paradoxalmente, a erosão da diversidade causada pelo melhoramento seletivo tem se demonstrado como um efeito colateral indesejável do progresso científico.*

Esse relatório foi elaborado por cientistas que, alertados pela epidemia da queima das folhas do milho (*Helminthosporium maydis*) no sul dos Estados Unidos, preocuparam-se com a possibilidade de ocorrência de surtos similares em outras grandes culturas. A epidemia resultou em uma redução estimada de 15% na colheita do milho (RUBENSTEIN et al., 2005), o que corresponde a uma perda de US\$ 1 bilhão de dólares. O rendimento real em 1970 foi de 45.439 kg/ha, uma cifra consideravelmente menor do que a alcançada em 1969 (53.908 kg/ha) e em 1971 (55.297 kg/ha) (HEINEMANN et al., 2013).

Mas há muitos outros casos históricos que comprovam que a redução drástica da diversidade de plantas cultivadas ameaça a produção mundial de alimentos (ALTIERI, 1999a). A fome irlandesa da batata, no século 19, decorreu da generalização de um clone geneticamente uniforme (de uma única variedade chamada lumpers) e a eclosão da requeima da batata (*Phytophthora infestans*). Como resultado, houve a redução em 80% do rendimento do tubérculo, causando a morte de um milhão de irlandeses e a migração de outros dois milhões. A Grande Fome de Bengala, na Índia, em 1943, deveu-se a uma doença devastadora (*Cochliobolus miyabeanus*), que quase acabou com a produção de arroz. Outro excelente exemplo de devastação por insetos-praga nessa escala foi registrado há mais de um século, na França, quando as vinhas foram totalmente dizimadas por ataques de *Filoxera vertifoliae* até que uma cultivar resistente foi introduzida a partir dos Estados Unidos (THRUPP, 1998). As perdas substanciais de rendimento devido a pragas, cerca de 20 a 30% para a maioria das culturas antes da colheita, em que pese o aumento no uso de agrotóxicos (cerca de 4,7 bilhões de quilos de agrotóxicos foram usados em todo o mundo em 1995, sendo 1,2 bilhão somente nos Estados Unidos), é uma indicação clara que as





monoculturas geneticamente homogêneas não possuem os mecanismos ecológicos de defesa necessários para evitar ou tolerar os surtos desses organismos (PIMENTEL e LEVITAN, 1986).

Os exemplos acima deveriam funcionar como alertas sobre os riscos associados à homogeneização biológica dos agroecossistemas modernos. No entanto, os problemas decorrentes da vulnerabilidade agrícola gerada pela uniformização genética são cada vez mais frequentes, sobretudo diante do contexto das mudanças climáticas. Muitos pesquisadores convencionais começam a perceber que os sistemas agrícolas modernos são muito vulneráveis à variabilidade climática.

Alterações de grande escala na diversidade das paisagens agrícolas podem levar a uma maior incidência de insetos-praga, devido à expansão das monoculturas em detrimento da vegetação natural, afetando diretamente a abundância e diversidade de inimigos naturais. Em quatro estados do Meio-Oeste dos Estados Unidos, a produção de agrocombustíveis impulsionou o crescimento das monoculturas, resultando em menor diversidade da paisagem, diminuindo a população de inimigos naturais em plantações de soja e reduzindo os serviços de controle biológico em 24%. Essa perda de serviços de biocontrole custa aos produtores de soja cerca de US\$ 58 milhões por ano, o que corresponde à redução dos rendimentos dos cultivos associado ao aumento do uso de agrotóxicos (LANDIS *et al.*, 2008).

## 4-Sistemas agrícolas tradicionais como modelos de resiliência

Ao contrário das monoculturas da agricultura industrial, muitos sistemas agrícolas tradicionais, que ainda persistem em muitos países em desenvolvimento, oferecem uma ampla gama de opções de manejo que promovem a biodiversidade funcional no campo e, conseqüentemente, apoiam a resiliência dos agroecossistemas (KOOHAFKAN e ALTIERI, 2010; TOLEDO e BARRERA-BASSALS, 2008). Pela constante convivência ao longo dos séculos com eventos climáticos extremos e com a variabilidade climática, os agricultores que vivem e produzem em ambientes hostis na África, Ásia e América Latina têm desenvolvido e/ou herdado sistemas agrícolas complexos manejados de forma habilidosa. Mesmo em meio a variabilidade ambiental, esses sistemas tradicionais têm permitido às famílias agricultoras obterem suas necessidades de abastecimento alimentar sem depender de modernas tecnologias agrícolas (DENEVAN, 1995). A existência de milhões de hectares de agricultura tradicional é a prova viva do sucesso de estratégias de manejo localmente desenvolvidas, e funcionam como um testemunho da *criatividade* dos pequenos agricultores em todo o mundo (WILKEN, 1987).

Uma expressão dessa criatividade são os milhares de hectares de sistemas de canteiros elevados sobre terras sazonalmente inundadas em savanas e nas bacias dos planaltos do Suriname, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia. A origem e uso desses sistemas têm sido tradicionalmente associados a estratégias de gestão da água, seja por reduzir o impacto negativo do excesso de água durante o ciclo de crescimento ou no momento da colheita, seja para irrigar as culturas em tempos de escassez de chuvas. Exemplos de agriculturas em zonas úmidas, sujeitas a inundações temporais, são os *chinampas* presentes no Vale do México (ARMILLAS, 1971), e os *waru-waru* presentes perto do lago Titicaca, no Peru e na Bolívia (ERICKSON e CHANDLER, 1989).

Hoje, na segunda década do século 21, milhões de agricultores familiares e representantes de povos indígenas e comunidades tradicionais praticam agriculturas de base ecológica. Essa é uma prova cabal da capacidade de resistência de agroecossistemas à contínua mudança ambiental e econômica, contribuindo substancialmente para a conservação da agrobiodiversidade e para a promoção da segurança alimentar e nutricional em âmbitos locais, regionais e nacionais (REDE, 1993). Apesar dos maiores níveis de resiliência da agricultura tradicional, as mudanças climáticas colocam sérios desafios para cerca de 370 milhões dos agricultores mais pobres que vivem em zonas áridas e semi-áridas ou em regiões montanhosas e ecologicamente vulneráveis (THORNTON, 2003). Em muitos países, um número crescente de pessoas, especialmente aquelas com os níveis mais baixos de renda, são obrigados a viver em áreas marginais onde estão mais sujeitas aos riscos associados aos impactos das mudanças climáticas. Mesmo pequenas mudanças no clima podem gerar impactos desastrosos sobre os meios

de vida desses grupos mais vulneráveis. As implicações para a segurança alimentar e nutricional podem ser profundas, especialmente para os agricultores que vivem em ambientes remotos e frágeis que dependem diretamente de cultivos que poderão ser duramente afetados, como milho, feijão, batata e arroz.

Apesar das graves previsões relacionadas aos efeitos das mudanças climáticas na agricultura, elas ignoram a capacidade de adaptação dos agricultores que empregam estratégias agroecológicas e se valem de redes sociais de solidariedade para lidar com a variabilidade climática extrema (ALTIERI e KOOHAFKAN, 2008). Muitos pesquisadores identificaram que, apesar de sua alta sensibilidade à exposição, povos indígenas e comunidades camponesas respondem ativamente às mudanças nas condições climáticas (ALTIERI e NICHOLLS, 2013). Além disso, com a biodiversificação dos agroecossistemas no espaço e no tempo, os agricultores tradicionais promovem maiores níveis de diversidade funcional e resiliência em sistemas com sensibilidade a flutuações climáticas (PERFECTO *et al.*, 2009).

Um estudo realizado em diversos países africanos entre os anos de 2007 e 2010, investigou a resiliência dos sistemas de produção de agricultores familiares às mudanças climáticas, e revelou as prioridades dos agricultores no que se refere às estratégias de adaptação a serem adotadas: (a) melhorar a fertilidade do solo com adubos verdes e resíduos orgânicos, (b) conservar a água e o solo, (c) desenvolver mecanismos para o estabelecimento e manutenção de reservas estratégicas de alimentos, (d) apoiar as redes tradicionais de proteção social em benefício dos grupos sociais vulneráveis, (e) conservar árvores frutíferas nativas e outras espécies cultivadas adaptadas às condições locais, (f) utilizar práticas alternativas de pousio e aração para corrigir deficiências de umidade e de nutrientes e (g) alterar a topografia do terreno para corrigir deficiências de umidade e reduzir o risco de degradação do solo agrícola (MAPFUNO *et al.*, 2013).

Reconhecidos ou não pela comunidade científica, esses conhecimentos ancestrais constituem a base para inovações tecnológicas atuais e futuras. Durante anos, agroecólogos vêm argumentando que os novos modelos de agricultura que a humanidade precisará adotar no futuro imediato devem ser inspirados na racionalidade ecológica da agricultura tradicional, que representa formas já estabelecidas, bem-sucedidas e adaptáveis de agricultura (ALTIERI, 2004). Dada a resiliência dos diversificados sistemas agrícolas tradicionais, a compreensão de suas características agroecológicas é uma medida urgente, uma vez que elas podem fundamentar o desenvolvimento de novos sistemas agrícolas resilientes às mudanças climáticas (SWIDERSKA, 2011).

## 5 - O papel ecológico da biodiversidade em agroecossistemas

O nível de biodiversidade presente nos sistemas agrícolas pode fazer enorme diferença quando estes são submetidos perturbações bióticas ou abióticas. O

funcionamento ecológico de qualquer agroecossistema bem como a promoção de serviços ambientais depende da presença de certo nível de diversidade de organismos (ALTIERI, 1999). Quando os agroecossistemas são biologicamente simplificados, grupos funcionais inteiros são removidos, alterando o equilíbrio do sistema de um nível desejado para um nível menos desejado, afetando assim a sua capacidade de responder às perturbações e gerar serviços ambientais (FOLKE *et al.*, 2004).

Duas categorias de diversidade podem ser distinguidas nos agroecossistemas: a diversidade funcional e a diversidade de resposta. A diversidade funcional refere-se à variedade de organismos e de serviços ambientais que os ecossistemas fornecem para que continuem funcionando (LOREAU *et al.*, 2011). Já a diversidade de resposta corresponde às variadas reações às mudanças ambientais promovidas por espécies que exercem as mesmas funções no ecossistema. Um agroecossistema que contém alto grau de diversidade de resposta será mais resiliente a vários tipos e graus de choques (CABELL e OELOFSE, 2012).

A biodiversidade melhora o funcionamento dinâmico do ecossistema porque diferentes espécies ou genótipos executam funções distintas e, portanto, ocupam diferentes nichos ecológicos (VANDERMEER *et al.*, 1998). No entanto, há muito mais espécies do que funções nos agroecossistemas, o que significa que existe redundância funcional entre espécies presentes. Os organismos que exercem as mesmas funções ecológicas simultaneamente são importantes quando as mudanças ambientais ocorrem. As redundâncias funcionais geram uma capacidade tampão que favorece o contínuo funcionamento do ecossistema, bem como a contínua promoção de serviços ecossistêmicos. Essa capacidade é gerada por meio de um mecanismo de compensação entre espécies: caso uma espécie falhe, outras poderão exercer o seu papel, criando respostas agregadas da comunidade biótica (LIN, 2011).

## **6 - Aumentar a agrobiodiversidade para reduzir a vulnerabilidade**

Dado o papel positivo da biodiversidade na estabilidade dos agroecossistemas, muitos pesquisadores têm argumentado que o aumento da diversidade de culturas será ainda mais importante no futuro em função do aumento das oscilações climáticas. Maior biodiversidade em um agroecossistema pode amortecer os efeitos negativos de mudanças nos padrões de precipitação e temperatura e, eventualmente, reverter tendências de redução de rendimento longo prazo (ALTIERI e KOOHAFKAN, 2013).

### **6.1 - Diversidade de plantas e resiliência agroecológica**

Sistemas agrícolas diversificados como agroflorestas, sistemas silvipastoris e policultivos são exemplos de agroecossistemas complexos capazes de se adaptar e resistir aos efeitos das mudanças climáticas. Os sistemas agroflorestais são sistemas agrícolas com alta complexidade estrutural que possuem a capacidade

de amenizar grandes variações de temperatura (LIN, 2011), mantendo assim as condições ambientais mais adequadas aos cultivos. Sistemas de café sombreado também podem proteger as culturas em períodos de diminuição de água disponível no solo por meio do sombreamento e da melhoria da capacidade de infiltração de água no solo (LIN, 2007).

Consórcios de plantas permitem aos agricultores produzir várias culturas ao mesmo tempo e minimizar o risco de perdas (VANDERMEER, 1989). Policulturas, quando comparadas a monocultivos, apresentam uma maior estabilidade de produção e menor perda de rendimento durante períodos de estresse hídrico. Natarajan e Willey (1986), por exemplo, examinaram o efeito das secas sobre os rendimentos de policultivos em consórcios de sorgo e amendoim, milho e amendoim e sorgo e milheto. Todos os consórcios produziram consistentemente mais que os monocultivos em cinco níveis de irrigação. Surpreendentemente, os policultivos tiveram uma taxa de colheita positivamente correlacionada com o estresse hídrico, acentuando ainda mais as diferenças entre os policultivos e monocultivos (NATARAJAN e WILLEY, 1986).

Sistemas silvipastoris intensivos (SSI) são uma expressão de sistemas agroflorestais orientados também para a produção pecuária. Combinam arbustos forrageiros plantados em alta densidade entre árvores e palmeiras, além da presença de espécies forrageiras tradicionais. Alta lotação de animais e alto rendimento de carne e leite são obtidos por meio de um manejo de rotação de pastagens com o auxílio de cercas elétricas e com disponibilidade constante de água para os animais. Na fazenda El Hatico, localizada no Valle del Cauca, Colômbia, um ISS com cinco estratos compostos por gramíneas, arbustos, árvores de leucena e um dossel de árvores de grande porte, permitiu um constante aumento na taxa de lotação de vacas em lactação ao longo dos últimos 18 anos, com um aumento na produção de leite de 130%, e com completa eliminação do uso de fertilizantes sintéticos.

Em 2009, o ano mais seco já registrado em El Hatico (de uma série de 40 anos) observou-se uma redução em 44% no volume total de precipitação. Apesar da redução de 25% da produção de biomassa da pastagem, a produção forrageira de árvores e arbustos se manteve constante ao longo do ano, neutralizando parte dos efeitos negativos da seca sobre o sistema. Em resposta ao clima extremo, a propriedade teve que ajustar suas taxas de lotação e introduzir suplementação energética. Mesmo assim, a produção de leite da fazenda foi a maior já registrada e com um surpreendente aumento de 10% em relação aos quatro anos anteriores. Enquanto isso, os agricultores em outras partes do país relataram severa perda de peso dos animais e altas taxas de mortalidade por fome e sede. O desempenho produtivo de El Hatico durante o período de El Niño (promovendo um clima excessivamente seco e quente) ilustra o enorme potencial de SSI como uma estratégia de intensificação sustentável para a adaptação e mitigação dos efeitos negativos da mudança climática (MURGUEITIO *et al.*, 2011).

Os benefícios combinados de regulação hídrica, criação de microclimas favoráveis, conservação da biodiversidade e dos estoques de carbono nos sistemas agrícolas diversificados asseguram a continuidade da produção de bens e serviços ambientais além de promover maiores níveis de resiliência às mudanças climáticas.

### *6.2 - Restaurando a diversidade em monoculturas*

Embora noções contemporâneas de agricultura mecanizada frequentemente sejam associadas à necessidade de monoculturas, tecnologias apropriadas poderiam ser desenvolvidas para mecanizar sistemas diversos em larga escala (HORWITZ, 1985). Esquemas de diversificação mais simples baseados em 2-3 espécies de plantas podem ser mais favoráveis para os agricultores de grande porte e podem ser gerenciados com o emprego de equipamentos modernos (MACHADO, 2009).

Os consórcios são um desses esquemas. Eles consistem na produção de mais de uma cultura em faixas suficientemente estreitas para que haja interação entre os cultivos e suficientemente largas para permitir o cultivo mecanizado. Como componentes de sistemas consorciados em que ocorrem efeitos benéficos pode-se citar milho ou sorgo, espécies que respondem às incidências mais elevadas de luz. Estudos com faixas de milho e soja (quatro a doze linhas de cultivo) têm demonstrado aumento de produtividade do milho (5 a 26%) e diminuição da produtividade da soja (-8,5 a -33%), com intensificação de perdas se as faixas se tornam mais estreitas. Faixas de milho e alfafa alternadas proporcionaram maiores retornos brutos do que os cultivos solteiros. Faixas de cultivo com seis metros de largura foram mais vantajosas, com retornos econômicos substanciais quando comparado a monocultivos (WEST e GRIFFITH, 1992).

O plantio direto e o cultivo em faixas são sistemas eficientes para a conservação do solo e para o aumento da capacidade de retenção de água. Embora esses sistemas geralmente sejam dependentes de herbicidas, existem agricultores orgânicos que o colocam em prática. O fator principal para a eliminação da necessidade dos herbicidas é a manutenção de uma camada de cobertura capaz reduzir significativamente a germinação de plantas espontâneas por várias semanas. Promoveu-se um importante avanço tecnológico com o uso de determinados cultivos anuais de inverno, como ervilhaca peluda, centeio ou azevém que podem ser suprimidos com o uso de equipamentos simples como um rolo faca. Durante a decomposição da biomassa dessas culturas de cobertura, são liberados compostos alelopáticos no solo, também contribuindo para a supressão de plantas espontâneas (MOYER, 2010). Este efeito é geralmente suficiente para retardar o aparecimento e crescimento de plantas espontâneas durante a fase mais susceptível dos cultivos, tornando desnecessário o uso de herbicidas ou manejo mecânico.

Os cultivos de cobertura também exercem outras funções ecológicas, como fixação de nitrogênio atmosférico (caso sejam leguminosas), a redução da perda

de solo por erosão e o aumento na capacidade de infiltração de água devido a formação de galerias pelos sistemas radiculares dessas plantas, proporcionando uma maior estruturação do solo (ALTIERI *et al.*, 2011).

### 6.3 - Performance dos agroecossistemas biodiversos sob eventos climáticos extremos

Uma pesquisa realizada em áreas declivosas na América Central depois do furacão Mitch mostrou que os agricultores que empregavam práticas de diversificação, tais como culturas de cobertura e consórcios agroflorestais, sofreram menos danos do que seus vizinhos que adotavam monoculturas convencionais. A pesquisa, liderada pelo movimento Campesino a Campesino, mobilizou cem equipes de agricultores-técnicos para realizar observações pareadas de indicadores específicos em 1804 propriedades agroecológicas e suas vizinhas convencionais. O estudo abrangeu 360 comunidades em 24 estados da Nicarágua, Honduras e Guatemala.

Verificou-se que nas parcelas agroecológicas a camada de solo do horizonte A era de 20 a 40% maior do que a existente nos sistemas convencionais, além de conter maior umidade no solo (HOLT-GIMENEZ, 2002). Da mesma forma em Sotonusco, Chiapas - México, cafezais em sistemas de alta complexidade vegetal sofreram menos danos do que os monocultivos após a passagem do furacão Stan (PHILPOTT *et al.*, 2009). Quarenta dias após a chegada do furacão Ike em Cuba (2008), pesquisadores realizaram uma avaliação nas províncias de Holguín e Las Tunas, constatando que propriedades diversificadas tiveram uma perda de 50%, enquanto os sistemas convencionais vizinhos tiveram perdas de 90 a 100%. Da mesma forma, estabelecimentos conduzidos de forma agroecológica mostraram uma recuperação mais rápida (80-90% em produção 40 dias após o furacão) (ROSSET *et al.*, 2011).

Todos esses estudos enfatizam a importância da diversidade vegetal e da complexidade em sistemas de produção que a vulnerabilidade a eventos climáticos extremos seja reduzida.

## 7 - Manejo do solo e resiliência

### 7.1 - Aumento da matéria orgânica do solo

Muitos agricultores tradicionais e orgânicos costumam adicionar regularmente grandes quantidades de materiais orgânicos (esterco, compostos, folhas de árvores, plantas de cobertura) como uma estratégia-chave para o melhoramento da qualidade do solo. O manejo da matéria orgânica do solo (MOS) é um aspecto central na criação de solos saudáveis, ou seja, que mantém alta atividade biológica e possui boas características físicas e químicas. A MOS melhora a capacidade de retenção de água do solo, um aspecto essencial para a resiliência dos sistemas agrícolas, já que esse atributo permite o aumento da tolerância às secas (MAGDOFF e WEIL, 2004).

Solo ricos em matéria orgânica geralmente contêm alta densidade de fungos micorrízicos (FM), um componente-chave das populações microbianas que influenciam o crescimento das plantas e a produtividade do solo. FM são importantes na agricultura sustentável porque aumentam o volume de solo explorado pelas plantas para a absorção de água, outro fator importante para aumentar a resistência às secas (GARG e CHANDEL, 2010).

### *7.2 – Manejo da cobertura do solo*

Proteger o solo da erosão e do dessecamento e melhorar os níveis de umidade do solo são estratégias fundamentais para aumentar a resiliência dos agroecossistemas. As culturas de cobertura e adubos verdes possuem um grande potencial nesse sentido uma vez que essas práticas conservam o solo, melhoram a sua biologia, estabilizam e melhoram o rendimento dos cultivos e a conservação da água.





A cobertura morta interrompe o processo de secagem do solo ao proteger a sua superfície contra a radiação solar direta e os ventos. Além disso, plantas de cobertura e resíduos de plantas espontâneas podem melhorar as taxas de infiltração de água e diminuir 2 a 6 vezes as perdas por escoamento superficial.

O sistema de *frijol tapado* é um antigo sistema de corte/queima comum nas encostas da América Central (BUCKLES *et al.*, 1998). Esse sistema de agricultura migratória permite a produção anual de feijão pelo período de 3 a 5 meses, aproveitando a elevada precipitação e a umidade residual mantida pela cobertura cortada/morta após as chuvas. O manejo do *frijol tapado* consiste primeiramente na seleção de terrenos adequados e, em seguida, na abertura de caminhos por entre a vegetação para criar um acesso para o semeio, para em seguida semear a taxas elevadas (25 a 40 kg de sementes por hectare) e roçar a vegetação de pousio sobre as sementes de feijão.

O *frijol tapado* é geralmente cultivado em encostas, de preferência de face para o sol matinal, para que folhas e vagens das plantas de feijão sequem rapidamente na parte da manhã (pois são suscetíveis a doenças fúngicas) e as plantas recebam luz solar máxima, uma vez que as manhãs são geralmente ensolaradas e as chuvas caem nas tardes. Os agricultores procuram por terras com uma cobertura de ervas altas ou arbustos baixos; deve haver material de planta suficiente para proporcionar uma cobertura morta que pode cobrir completamente o solo. Áreas dominadas por gramíneas são evitadas, pois estas crescem rapidamente e competem muito com o feijão. Os campos são deixados intocados até a colheita.

Normalmente, a cobertura morta não é muito espessa a ponto de provocar baixos níveis de germinação e de sobrevivência do feijão. Elas são suficientes para manter a umidade do solo e protegê-lo contra a erosão. A ausência de queima e de aração, bem como a presença de uma camada de cobertura morta espessa previnem a germinação e o desenvolvimento de plantas espontâneas. O período de pousio reduz a presença de patógenos no solo, e a cobertura morta protege as plantas de feijão de partículas de solo respingadas durante as chuvas. Trata-se de um sistema adaptado para os ecossistemas frágeis das encostas. Além disso, os sistemas radiculares das plantas nativas são deixados intactos e a rápida rebrota da vegetação reduz ainda mais o risco de erosão e restaura a fertilidade do solo (FIVELAS *et al.*, 1998).

Em um esforço para implantar e melhorar o sistema de *frijol tapado* em toda a América Central, várias organizações não-governamentais têm promovido o uso de leguminosas como adubo verde, uma fonte barata de adubo orgânico para fortalecer a matéria orgânica (ALTIERI, 1999b). Centenas de agricultores na costa norte de Honduras estão usando mucuna preta (*Mucuna pruriens*), com excelentes resultados, incluindo a produção de milho com rendimento de cerca de 3.000 kg/ha, mais que o dobro que a média nacional, o controle da erosão, a supressão

de plantas espontâneas e a redução nos custos de preparação da terra. A mucuna produz cerca de 30 t/ha de biomassa por ano, ou cerca de 90-100 kgN/há por ano (FLORES, 1989). O sistema reduz o estresse pelas secas, porque a camada de cobertura morta deixada pela mucuna ajuda a conservar a água no perfil do solo, fazendo com que os nutrientes estejam prontamente disponíveis em sincronia com períodos de maior absorção da cultura (BUNCH, 1990).

Aproveitando as redes de intercâmbio entre agricultores estabelecidas pelo *movimento campesino a campesino* na Nicarágua e em outros países centroamericanos, a propagação dessa tecnologia simples ocorreu rapidamente. Em apenas um ano, mais de 1000 camponeses recuperaram terras degradadas na bacia hidrográfica San Juan na Nicarágua (HOLT-GIMENEZ, 1996). Em Cantarranas, Honduras, pela adesão em massa de mucuna, o rendimento da produção de milho triplicou para 2500 kg/ha, enquanto a necessidade de trabalho para a remoção de plantas espontâneas foi reduzida em 75%. Na América Central e no México cerca de 200 mil agricultores estão usando em torno de 14 diferentes espécies de adubo verde e plantas de cobertura (BUNCH, 1990).

Atualmente, mais de 125 mil agricultores utilizam adubos verdes e plantas de cobertura em Santa Catarina, Brasil. Agricultores familiares modificaram o sistema convencional de plantio direto em encostas, inicialmente deixando resíduos vegetais na superfície do solo, o que levou a redução nas taxas de erosão do solo e menores flutuações na umidade e na temperatura do solo. Em seguida, por meio de repetidas aplicações de biomassa fresca, os agricultores observaram a melhoria da qualidade do solo, a redução da erosão e do desenvolvimento de plantas espontâneas e melhores desempenhos dos cultivos. Esses novos sistemas dependem do emprego de coquetéis de plantas de cobertura de verão e de inverno que produz uma camada espessa de cobertura morta sobre a qual são plantadas as culturas econômicas (milho, feijão, trigo, cebola, tomate, etc.) (ALTIERI *et al.*, 2011).

Durante o ciclo agrícola de 2008-2009, que sofreu uma grave seca, os produtores de milho convencional apresentaram uma perda média de rendimento de 50%, atingindo níveis de produtividade de 4.500 quilos por hectare. No entanto, os produtores que passaram a adotar o plantio direto com práticas de manejo ecológico dos solos tiveram perdas limitadas a 20%, confirmando a maior resiliência desses sistemas (ALMEIDA *et al.*, 2009). Esses dados corroboram observações realizadas desde o início dos anos 1990 no Sul do Brasil relacionadas à superioridade técnica e econômica dos sistemas agroecológicos de produção de grãos adotados pela agricultura familiar (PETERSEN *et al.*, 1999).

### 7.3 - Captação e armazenamento de água

Em muitas regiões do mundo, como na África Subsaariana, 40% das terras agrícolas estão localizadas em ambientes subúmidos ou semiáridos cada vez mais

sujeitos a frequentes ocorrências de escassez de água. Na maior parte dos anos há precipitação total suficiente para permitir a produção agrícola. Entretanto, geralmente as estações chuvosas se concentram em 2 a 3 meses por ano, e grandes volumes de água são perdidos pelo escoamento superficial, evaporação do solo e percolação profunda. O desafio nessas situações é captar a água, armazená-la no solo e torná-la disponível para as culturas durante os tempos de seca. Grande variedade de técnicas de captação de água da chuva e colheita de água de escoamento superficial já está sistematizada (BARROW, 1999).

Um antigo sistema de captação de água conhecida como *zai* está atualmente sendo reintroduzido em Mali e na Burkina Faso. Os *zai* são pequenos poços de 20-30 cm de diâmetro e 10-15 cm de profundidade, cavados em locais com solo pesado e/ou com subsuperfície rochosa que impedem a infiltração da água (ZOUGMORE et al., 2004). São preenchidos com diferentes fontes de matéria orgânica a fim de criar melhores condições de fertilidade para o desenvolvimento das plantas cultivadas. Milheto e sorgo são geralmente plantados nos *zai*. Eventualmente, árvores são plantadas de forma intercalada. Com o tempo, essas árvores são podadas abaixo de 70 cm de altura, protegendo-as de animais que possam se alimentar das folhas e destruir as árvores. Os agricultores abrem entre 9.000-18.000 covas por hectare, com aplicações de adubo que variam de 5,6 a 11 t/ha (CRITCHLEY et al., 2004). Esse manejo permitiu que agricultores da região do Yatenga, em Burkina Faso, recuperassem centenas de hectares de terras degradadas. Os agricultores estão cada vez mais interessados nos *zai*, dada a eficiente forma de coletar e concentrar a água das chuvas, bem como pela pequena necessidade de nutrientes. Os rendimentos obtidos em campos manejados com *zai* são consistentemente mais altos (variando 870-1590 kg/ha) do que os obtidos em campos sem esse manejo (de 500 a 800 kg/ha). O uso dos *zai* proporcionou o aumento da segurança alimentar das famílias agricultoras na região (REIJ, 1991).

De maneira análoga, no Níger, covas tradicionais foram aprimoradas, convertendo-se em reservatórios de água similares aos *zai*. Comunidades que adotam esse sistema assistiram os rendimentos de suas culturas aumentarem em cerca de 60% (CRITCHLEY, 1989). Em resumo, a literatura sugere que agroecossistemas são mais resistentes quando inseridos em uma paisagem complexa, com sistemas de cultivo diversificados manejados com a matéria orgânica, além de técnicas de conservação de água.

## 8 - Marco conceitual para avaliar a resiliência nos sistemas agrícolas

A *resiliência* é definida como a capacidade de um sistema social ou ecológico de absorver perturbações, mantendo sua estrutura organizacional e sua produtividade, bem como as capacidades de auto-organização e adaptação a estresses e

perturbações (CABELL e OELOFSE, 2012). Trata-se de uma propriedade emergente da dinâmica de um sistema socioecológico (ADGER, 2000). Um agroecossistema resiliente deve permanecer produtivo, mesmo quando confrontado por uma grave seca ou pelo excesso de chuvas.

A *vulnerabilidade de um agroecossistema* corresponde à sua incapacidade de absorver os efeitos de uma determinada mudança ambiental, ou seja, a sua inflexibilidade. Trata-se de uma variável determinada por características biofísicas dos agroecossistemas e pelas condições socioeconômicas dos agricultores. Pode ser definida também como a tendência de perda da biodiversidade, do solo, da água ou da capacidade produtiva, sempre que o agroecossistema for confrontado a uma perturbação externa ou a um choque. Refere-se, portanto, ao grau de suscetibilidade de um sistema aos efeitos adversos e extremos da variabilidade climática e à ausência de capacidade adaptativa (FOLKE, 2006).

O *risco* pode ser entendido como qualquer fenômeno natural (secas, furacões, enchentes etc.), capaz de provocar mudanças em um agroecossistema vulnerável a esse fenômeno. A vulnerabilidade determina a intensidade dos danos produzidos pela ocorrência do risco sobre o agroecossistema.

Já a *ameaça* corresponde à probabilidade de ocorrência de um risco (intensidade, frequência, duração) frente ao qual o agroecossistema é vulnerável. A *capacidade de reação* está relacionada aos atributos dos agroecossistemas (p. ex o grau de diversificação biológica) e aos manejos empregados para mitigar os riscos de eventos climáticos e para resistir e recuperar-se dos danos causados por esses eventos. Em outras palavras, corresponde ao nível de resistência e/ou facilidade de recuperação dos agroecossistemas após defrontados com o risco.

O risco em um agroecossistema é produto da ameaça, da vulnerabilidade e da capacidade de reação tal como descreve a seguinte equação (NICHOLLS e ALTIERI, 2013):

$$\text{Risco} = \frac{\text{Vulnerabilidade} * \text{Ameaça}}{\text{Capacidade de reação}}$$

Em síntese: para que um evento seja considerado um risco, é necessário que haja um agroecossistema vulnerável a ele. Para que o evento se converta em uma ameaça, é necessário que haja alta probabilidade dele ocorrer. Além disso, a magnitude do evento e o grau de vulnerabilidade do agroecossistema são variáveis importantes para determinar o nível da ameaça.

A adaptação refere-se aos ajustes empregados para reduzir os riscos. A capacidade de adaptação é um fator que depende diretamente do capital humano e do capital social presente nas comunidades rurais. Domínio de conhecimento tradicional, capacidade local de inovação, níveis de organização e de segurança das redes de seguridade social são atributos importantes para formação desses

capitais. Como ilustrado na Figura 1, a vulnerabilidade de um agroecossistema é determinada por sua infraestrutura agroecológica (na escala da paisagem, de espécies e variedades cultivadas, qualidade e cobertura do solo etc.) e pelas características das famílias e/ou das comunidades (nível de organização e trabalho em rede, autossuficiência alimentar etc.).

**Figura 1. Características socioecológicas determinantes da vulnerabilidade dos agroecossistemas e da capacidade de adaptação dos agricultores (NICHOLLS et al., 2013)**



## 9 - Metodologia para avaliar a resiliência

Em 2011, um grupo de agroecólogos latinoamericanos associados à *Rede Iberoamericana para o Desenvolvimento de Sistemas Agrícolas Resilientes às Mudanças Climáticas* (Redagres) conduziu uma pesquisa em sete países a fim de identificar e analisar as características que proporcionam capacidade de resistência e/ou rápida recuperação dos sistemas agrícolas quando confrontados com secas, tempestades, inundações ou furacões.

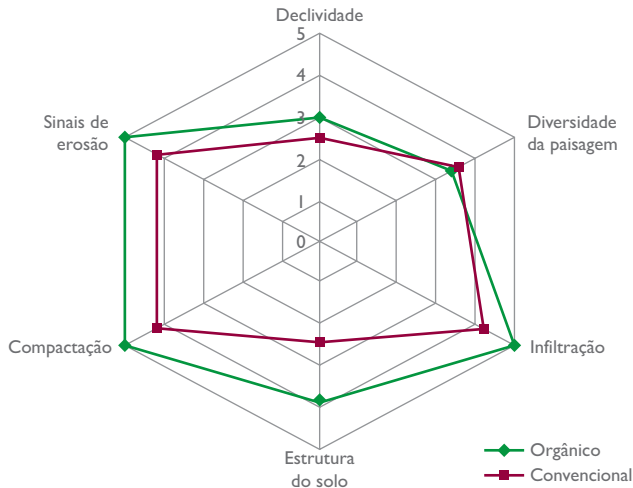
Com base no marco conceitual para a análise de resiliência descrito acima, as equipes da pesquisa desenvolveram uma metodologia para compreender as características agroecológicas dos sistemas agrícolas e as estratégias técnicas

e formas de organização social utilizadas pelos agricultores que demonstraram maior capacidade de resistir e/ou se recuperar de secas, tempestades, inundações ou furacões (NICHOLLS e ALTIERI, 2013). A aplicação dessa metodologia é ilustrada a partir de estudo realizado em Carmen del Viboral, Antioquia, Colômbia.

Nesse estudo, os pesquisadores avaliaram a resiliência de seis propriedades que possuem condições topográficas e de exposição similares, sendo que três delas são manejadas de forma convencional (com emprego de agrotóxicos e sem práticas de conservação do solo) e três são conduzidas a partir de princípios agroecológicos (diversificadas e com o uso de práticas de conservação do solo) (HENAO, 2013).

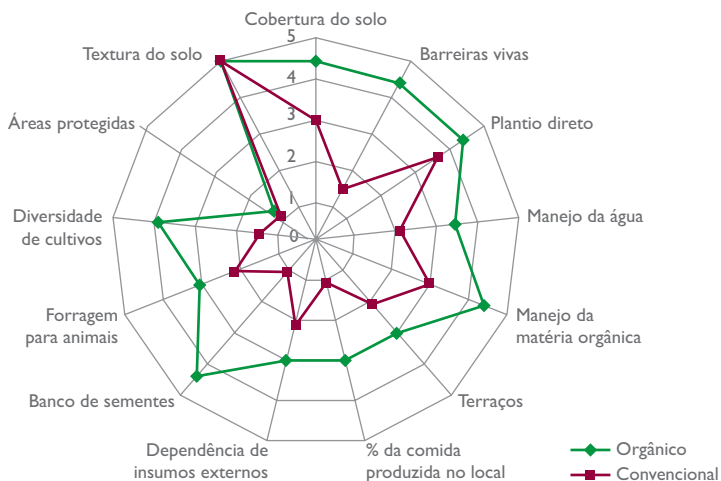
A equipe desenvolveu indicadores para estimar a vulnerabilidade (inclinação, a diversidade da paisagem, a suscetibilidade do solo à erosão) e a capacidade de reação (práticas de conservação do solo, práticas de gestão da água, níveis de diversidade de culturas, auto-suficiência alimentar, etc.). Com os dados obtidos para estes indicadores (1-5, valores próximos ou acima de 1 expressam maior risco), foi possível visualizar a comparação das propriedades por meio de um diagrama tipo radar (Figura 2).

**Figura 2. Valoração da vulnerabilidade de estabelecimentos orgânicos (em verde) e convencionais (vermelho) em Antioquia, Colômbia (HENAO, 2013)**



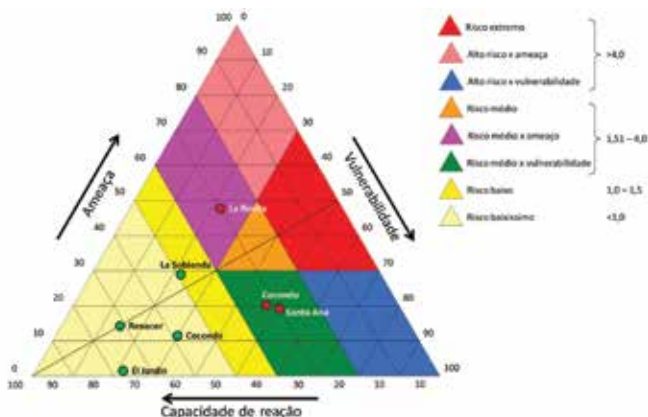
Claramente, as propriedades manejadas com princípios agroecológicos mostraram-se menos vulneráveis do que as convencionais. A equipe utilizou 13 indicadores para analisar a capacidade de reação dos agricultores. Mais uma vez, as propriedades com manejo agroecológico apresentaram melhor desempenho que as manejadas de forma convencional (Figura 3).

**Figura 3. Valoração da capacidade de reação de estabelecimentos orgânicos (em verde) e convencionais (em vermelho) em Antioquia, Colômbia (HENAQ, 2013)**



Com a aplicação da metodologia e a classificação dos valores de risco em um triângulo, tornou-se evidente que as propriedades manejadas ecologicamente (pontos verdes na Figura 4) apresentaram baixa vulnerabilidade em função de suas altas capacidades de resposta quando comparadas com as propriedades convencionais (pontos laranja na Figura 4).

**Figura 4. Triângulo de risco indicando os estabelecimentos orgânicos (círculos verdes) e convencionais (círculos vermelhos) em um gradiente de vulnerabilidade e capacidade de reação. Antioquia, Colômbia (HENAQ, 2013)**



## 10 - Conclusões

Já não resta dúvida que algum grau de mudança climática terá que ser confrontado pela agricultura em todas as regiões do planeta. Diante dessa constatação, o desenvolvimento e a disseminação de estratégias de adaptação tornam-se indispensáveis e urgentes.

A *Aliança Global para uma Agricultura Climaticamente Inteligente*<sup>1</sup>, lançada na Cúpula do Clima realizada em setembro de 2014, em Nova York, reconhece essa urgência. Mas o enfoque que adota para promover a sustentabilidade e a resiliência privilegia inovações ligadas à área da biotecnologia, tais como a identificação de *genes climaticamente inteligentes* para o emprego no melhoramento genético. Esse enfoque reducionista desconhece o potencial das estratégias da agricultura tradicional e a perspectiva agroecológica para identificá-las e desenvolvê-las.

Com efeito, a agricultura tradicional é portadora de incomensurável riqueza de conhecimentos e estratégias de manejo passíveis de serem empregadas na agricultura contemporânea para torná-la mais resistente aos extremos climáticos (ALTIERI e TOLEDO, 2011).

É essencial que os princípios agroecológicos e práticas de manejo correspondentes sejam estudados, desenvolvidos e disseminados com urgência. Essa disseminação poderá ser realizada por meio de visitas e viagens de intercâmbio, bem como em cursos e seminários de curta duração. O mecanismo horizontal de intercâmbio de informações entre agricultores baseado na metodologia camponês a camponês empregada por milhares de agricultores na América Central e em Cuba, talvez seja a abordagem mais eficaz para que as estratégias adaptativas baseadas na agroecologia sejam incorporadas e desenvolvidas (HOLT e GIMENEZ, 1996, ROSSET *et al.*, 2011).

As avaliações de resiliência realizadas pela Redagres sugerem que as estratégias agroecológicas para o aumento da resiliência dos agroecossistemas são condições necessárias, mas não suficientes para o alcance da sustentabilidade na agricultura. Isso porque a vulnerabilidade das comunidades agrícolas é determinada pelo desenvolvimento conjunto do capital natural e do capital social (NICHOLLS *et al.*, 2013). No entanto, a maioria das pesquisas que relacionam a agricultura às mudanças climáticas concentra-se na resiliência ecológica dos agroecossistemas e pouco tem sido investigado sobre a resiliência social no âm-

---

<sup>1</sup> <http://www.un.org/climatechange/summit/wp-content/uploads/sites/2/2014/09/AGRICULTURE-Action-Plan.pdf>



bito das comunidades rurais. A capacidade adaptativa das comunidades frente a tensões sociais, políticas e ambientais externas deve evoluir em conjunto com os mecanismos que conferem resiliência ecológica. Para serem resilientes, as sociedades rurais devem possuir capacidade de lidar com perturbações valendo-se de métodos agroecológicos adotados e divulgados por meio da auto-organização e da ação coletiva (TOMPKINS e ADGER, 2004). Nesse sentido, a redução da vulnerabilidade social pela ampliação e consolidação de redes sociais articuladas em escalas geográficas crescentes, pode contribuir para o aumento da resiliência dos agroecossistemas.

As comunidades tradicionais costumam reproduzir um conjunto diversificado de condições sociais e ecológicas que lhes proporciona capacidade de reação às mudanças climáticas. Já as propriedades de grande porte demonstram possuir baixa capacidade de reação, uma vez que o tecido social foi rompido nas regiões em que elas predominam. Diante dessa situação, o restabelecimento de estratégias de ação coletiva em regiões dominadas por grandes estabelecimentos apresenta-se como uma condição indispensável para que a estratégia agroecológica seja empregada no desenho de sistemas agrícolas resilientes às mudanças climáticas.

**Clara I. Nicholls**

Universidade da Califórnia, Berkeley

Presidente da Sociedade Científica Latinoamericana de Agroecologia (Socla)

Coordenadora Geral da Rede Iberoamericana de

Agroecologia para o Desenvolvimento de Sistemas Agrícolas

Resilientes às Mudanças Climáticas (Redagres)

nicholls@berkeley.edu

**Miguel A. Altieri**

Universidade da Califórnia, Berkeley

agroeco3@berkeley.edu

**Alejandro H. Salazar**

Secretaría de Agricultura de Antioquia, Medellín, Colombia

megaptero@hotmail.com

**Marcos A. Lana**

Centro de Pesquisa de Paisagens Agrícolas, Müncheberg, Alemanha

Marcos.Lana@zalf.de

---

## Referências bibliográficas

---

- ADAMS, R. M., HURD, B. H., LENHART, S., LEARY, N. Effects of global climate change on agriculture: an interpretative review. **Climate Research** N 11, p. 19-30, 1998.
- ADAMS, M.W., ELLINGBOE, A. H., ROSSMAN, E. C. Biological uniformity and disease epidemics. **BioScience** N. 21, p. 1067–1070, 1971.
- ADGER, W. M. **Social and ecological resilience**: are they related. *Prog Hum Geogr* September N. 24, p.347-364, 2000
- ALMEIDA E, PETERSEN P, PEREIRA FJ Lidando com extremos climáticos; análise comparativa entre lavouras convencionais e em transição agroecológica no Planalto Norte de Santa Catarina. **Agriculturas**: experiências em agroecologia. Rio de Janeiro AS-PTA 6(1):28–32, 2009.
- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment** N. 74, p. 19-31, 1999a
- \_\_\_\_\_. Applying agroecology to enhance productivity of peasant farming systems in Latin America. **Environment, Development and Sustainability** N. 1, p. 197-217, 1999b.
- \_\_\_\_\_. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment** N. 93, p. 1–24, 2002.
- \_\_\_\_\_. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. **Frontiers in Ecology and Environment** N. 2, p. 35-42, 2004.
- ALTIERI, M.A., KOOHAFKAN, P. **Enduring farms**: climate change, smallholders and traditional farming communities. Environment and Development Series 6. Penang, Third World Network. 2008
- ALTIERI, M. A., KOOHAFKAN, P. Strengthening resilience of farming systems: A key prerequisite for sustainable agricultural production. In: **Wake up before it is too late**: make agriculture truly sustainable now for food security in a changing climate. UNCTAD, TER13 Report. Geneva. 2013
- ALTIERI, M. A., LANA, M. A., BITTENCOURT, H. V., KIELING, A. S., COMIN, J. J., LOVATO, P. E. Enhancing Crop Productivity via Weed Suppression in Organic No-Till Cropping Systems in Santa Catarina, Brazil. **Journal of Sustainable Agriculture** N. 35, p. 855–869, 2011.
- ALTIERI, M.A., NICHOLLS, C. I. **Biodiversity and pest management in agroecosystems**. Second edition, Haworth Press: New York, 2004.
-

- \_\_\_\_\_. **The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate.** Climatic Change DOI 10.1007/s10584-013-0909-y, 2013
- Altieri, M. A., Toledo, V. M. **Natural resource management among small scale farmers in semi-arid lands: building on traditional knowledge and agroecology.** *Annals of Arid Zone* 44, p. 365-385, 2005.
- \_\_\_\_\_. The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. **Journal of Peasant Studies** N. 38, p. 587-612, 2011.
- ARMILLAS, P. Gardens on swamps. **Science** N. 174, p. 653-656, 1971.
- BARROW, C. J. **Alternative irrigation: the promise of runoff agriculture.** London: Earthscan Publications, 1999.
- BOERS, T. H. M., BENASHER, J. A review of rainwater harvesting. **Agricultural Wafer Management** N. 5, p. 145-158, 1982.
- BUCKLES, D., TRIOMPHE, B., SAIN, G. **Cover crops in hillside agriculture: farmer innovation with Mucuna.** Ottawa Canada, International Development Research Center, 1998.
- BUNCH, R. **Low-input soil restoration in Honduras: the Cantarranas farmer-to-farmer extension project.** Sustainable Agriculture Gatekeeper Series SA23. London: IIED, 1990.
- CABELL, J. F., OELOFSE, M. An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. **Ecology and Society** N 17(1), p. 18, 2012.
- COAKLEY, S. M., SCHERM, H., CHAKRABORTY, S. Climate change and plant disease management. **Annual Review of Phytopathology**, N. 37, p. 399-426, 1999.
- CONWAY, G. R. **The Doubly Green Revolution.** London: Penguin, 1997.
- CRITCHLEY, W. R. S. Building on a tradition of rainwater harvesting. **Appropriate Technology** N. 16(2), p. 10-12, 1989.
- CRITCHLEY, W. R. S., REIJ, C., WILLCOCKS, T. J. Indigenous soil and eater conservation: a review of the state of knowledge and prospects for building on traditions. **Land Degradation and Rehabilitations** N. 5, p. 293-314, 2004.
- DENEVAN, W. M. Prehistoric agricultural methods as models for sustainability. **Advanced Plant Pathology** N. 11, p. 21-43, 1995.
- DE SCHUTTER, O. **Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food.** UN General Assembly. Human Rights Council Sixteenth Session, Agenda item 3 A/HRC/ 16/49, 2010.

- DEWALT, B. R. Using indigenous knowledge to improve agriculture and natural resource management. **Human Organization** N. 5, p. 23-51, 1994.
- DIAZZORITA, M., BUSCHIAZZO, D. E., PEINEMAN, N. Soil Organic Matter and Wheat Productivity in the Semiarid Argentine Pampas. **Agronomy Journal** N. 91, p. 276-279, 1999.
- DÖLL, P. Impact of climate change and variability on irrigation requirements: a global perspective. **Climate Change** N 54, p. 269–293, 2002.
- EASTERLING, W. E., AGGARWAL, P. K., BATIMA, P., BRANDER, K. M., ERDA, L., HOWDEN, S. M., KIRILENKO, A., MORTON, J., SOUSSANA, J. F., SCHMID-HUBER, J., TUBIELLO, J. N. Food, fibre and forest products. In: PARRY, ET AL (eds). **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge U.K, Cambridge University Press, pp 273-313, 2007.
- ERICKSON, C. L., CHANDLER, K. L. Raised fields and sustainable agriculture in Lake Titicaca Basin of Peru. In: BROWDER, J. O. (ed) **Fragile lands of Latin America**. Boulder. CO:Westview Press pp 230–43, 1989.
- FLORES, M. Velvetbeans: an alternative to improve small farmers' agriculture'. **ILEIA Newsletter** N.5, p. 8–9, 1989.
- FOLKE, C. Resilience: the emergence of a perspective for social ecological systems analyses. **Global Environmental Change** N. 16, p. 253–267, 2006.
- FRANCIS, C.A. **Multiple Cropping Systems**. New York: MacMillan, 1986.
- FRANCIS, C.A. ET AL. Strip cropping corn and grain legumes: A review. **American Journal of Alternative Agriculture** N. 1, p. 159–164, 1986.
- FRANCO, J., BORRAS, J., VERVEST, P., ISAKSON, R., LEVIDOW, L. **Towards understanding the politics of flex crops and commodities: Implications for research and policy advocacy**. Netherlands: Transnational Institute, 2014.
- FUHRER, J. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO<sub>2</sub>, ozone, and global climate change. **Agriculture Ecosystems & Environment** N. 97(1-3), p. 1-20, 2003.
- GARG, N., CHANDEL, S. Arbuscular mycorrhizal networks: process and functions. **Agronomy for Sustainable Development** N. 30, p. 581-599, 2010.
- HATFIELD, J. L., BOOTE, K. J., KIMBALL, B. A., ZISKA, L. H., IZAURRALDE, R. C., ORT, D., THOMSON, A. M., WOLFE, D. Climate impacts on agriculture: Implications for crop production. **Agronomy Journal** N. 103(2), p. 351-370, 2011.

- HEINEMANN, J. A., MASSARO, M., CORAY, D. S., AGAPITO-TENFEN, S. Z., WEN, J. D. Sustainability and innovation in staple crop production in the US Midwest. **International Journal of Agricultural Sustainability**, 2013. DOI:10.1080/147359 03.2013.806408.
- HENAO, S. J. Propuesta metodológica de medición de la resiliencia agroecológica en sistemas socio-ecológicos: un estudio de caso en Los Andes Colombianos. **Agroecología** N. 8 (1), p. 85-91, 2013.
- HILLEL, D., ROSENZWEIG, C. **Handbook of climate change and agroecosystems: Impacts, adaptation, and mitigation**. London, Singapore, Hackensack, NJ: Imperial College Press, 2009.
- HOLT-GIMENEZ, E. **The campesino a campesino movement: farmer-led, sustainable agriculture in Central America and Mexico**. In: Food First Development Report No 10 Oakland, Institute of Food and Development Policy, 1996.
- HOLT-GIMÉNEZ, E. Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. **Agriculture, Ecosystems and Environment** N. 93, p.87–105, 2002.
- HORWITH, B. A role for intercropping in modern agriculture. **BioScience** N. 35, p. 286–291, 1985.
- HOWDEN, S., SOUSSANA, J., TUBIELLO, F., CHHETRI, N., DUNLOP, M., MEINKE, H. Adapting agriculture to climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 104 (50) 19691-19694. 2007.
- IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability**. IPCC Special Report, WGII, 2014.
- JONES, P. G., THORNTON, P. K. The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. **Global Environmental Change** N. 13, p.51–59, 2003.
- KAHN, Z. R., AMPONG-NYARKO, K., HASSANALI, A., KIMANI, S. Intercropping increases parasitism of pests. **Nature** N. 388, p. 631– 632, p. 1998.
- KOOHAFKAN, P., ALTIERI, M. A. **Globally important agricultural heritage systems: a legacy for the future**. Rome: UN-FAO, 2010.
- KRUPINSKY, J. M., BAILEY, K. L., MCMULLEN, M. P., GOSSEN, B. D., TURKINGTON, T. K. Managing plant disease risk in diversified cropping systems. **Agronomy Journal** N. 94, p. 198-209, 2002.
- KURUKULASURIYA, P., ROSENTHAL, S. **Climate change and agriculture a review of impacts and adaptations**. Climate Change Series Paper (91), Washington DC: World Bank, 2003.


- LANDIS, D. A., GARDINER, M. M., VAN DER WERF, W., SWINTON, S. M. **Increasing corn for biofuel production reduces biocontrol services in agricultural landscapes**. 2008. PNAS (105):20552-20557
- LIN, B. Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. **BioScience** N. 61, p. 183–193, 2011.
- LIN, B. B. Agroforestry management as adaptive strategy against potential micro-climate extremes in coffee agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology** N. 144, p. 85-94, 2007.
- LIN, B. B., PERFECTO, I., VANDERMEER, J. Synergies between Agricultural Intensification and Climate Change Could Create Surprising Vulnerabilities for Crops. **BioScience** N. 58, p. 847-854, 2008.
- LOBELL, D. B., FIELD, C. B. Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. **Environmental Research Letters** N. 2, p.1–7, 2007.
- LOBELL, D. B., GOURDJI S. M. The influence of climate change on global crop productivity. **Plant Physiology** N. 160, p. 1686–1697, 2012.
- LOBELL, D.B., SCHLENKER, W., COSTA-ROBERTS, J. Climate trends and global crop production since 1980. **Science** N. 333, p. 616–620, 2011.
- LOREAU, M. ET AL. Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. **Science** N. 294, p.804–808.
- MACHADO, S. Does intercropping have a role in modern agriculture? **Journal of Soil and Water Conservation**, N 64, p. 55-58, 2009.
- MACHIN-SOSA, B., ROQUE-JAIME, A. M., AVILA-LOZANO, A. M., ROSSET, P. **Revolución Agroecológica: el Movimiento de Campesino a Campesino de la ANAP en Cuba**. Habana: ANAP, 2010.
- MAGDOFF, F., WEIL, R. (2004) Soil organic matter management strategies. MAGDOFF, F., WEIL, R. (eds) **Soil Organic matter in sustainable agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p 44–65
- MAPFUMO, P., ADJEI-NSIAH, S., MTAMBANENGWEB, F., CHIKOWO, R., GILLER, K. E. (2013) Participatory action research (PAR) as an entry point for supporting climate change adaptation by smallholder farmers in Africa. **Environmental Development** 5, p. 6–22, 2013.
- MARTIN, J. F., ROY, E. R., STEWART, A. W., FERGUSON, B. Traditional Ecological Knowledge (TEK): Ideas, inspiration, and designs for ecological engineering. **Ecological Engineering** N. 36, p. 839-849, 2010.

- MATTHEWS, B., RIVINGTON, M., MUHAMMED, S., NEWTON, A. C., HALLETT, P. D. Adapting crops and cropping systems to future climates to ensure food security: the role of crop modelling. **Global Food Security** N. 2, p. 24-28, 2013.
- MONTAGNINI, F., NAIR, P. K. R. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. **Agroforestry Systems** N. 61, p. 281-295, 2004.
- MORAIS, H., CARAMORI, P. H., RIBEIRO, A. M. D. A., GOMES, J. C., KOGUSHI, M. S. Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeon pea in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** N. 41, p. 763-770, 2006.
- MOYER, J. **Organic No-Till Farming**. Emmaus PA: Rodale Press, 2010.
- MURGUETIO, E., CALLE, Z., URIBEA, F., CALLE, A., SOLORIO, B. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. **Forest Ecology and Management** N. 261, p. 1654-1663, 2011.
- MURPHY, M. E. **Irrigation in the Bajío Region of Central Mexico**. Boulder, CO Westview Press, Dellplain Latin American Studies, No 19, 1986.
- MUTUO PK, CADISCH G, ALBRECHT A, PALM CA, VERCHOT L (2005) Potential of agroforestry for carbon sequestration and mitigation of greenhouse gas emissions from soils in the tropics. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, N. 71, p. 43-54, 2005.
- NAIR, P. K., KUMAT, B. M., NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, N. 72, p. 10-23, 2009.
- NATARAJAN, M., WILLEY, R. W. The effects of water stress on yields advantages of intercropping systems. **Field Crops Research** N. 13, p. 117-131, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committee on Genetic Vulnerability of Major Crops (1972) **Genetic vulnerability of major crops**. Washington DC, National Academies of Science
- NETTING R, MC, C. **Smallholders, Household: Farm Families and the Ecology of Intensive, Sustainable Agriculture**. Palo Alto, CA: Stanford University Press, 1993.
- NICHOLLS, C. I., RIOS, L., ALTIERI, M. A. **Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático**. Red Iberoamericana de Agroecología para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático (RE-DAGRES). Medellín, Colombia: 2013, 207 p

- NICHOLLS, C. I., ALTIERI, M. A. **Agroecologia y cambio climático: metodologías para evaluar la resiliencia socio-ecológica en comunidades rurales.** Red Latinoamericana de Agroecología para el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático (REDAGRES). Lima, Peru: Gama Grafica, 2013. 91 p.
- NIGGLI, U., FLIESSBACH, A., HEPPELY, P., SCIALABBA, N. **Low greenhouse gas agriculture: mitigation and adaptation potential of sustainable farming systems.** FAO: Roma, 2008.
- PERFECTO, I., VANDERMEER, J., WRIGHT, A. **Nature's matrix: linking agriculture, conservation and food sovereignty.** London: Earthscan, 2009.
- PETERSEN, P., TARDIN, J. M., MAROCHI, F. Participatory development of no-tillage systems without herbicides for family farming: the experience of the Center-South region of Paraná. **Environment, development and sustainability.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999.
- PHILPOTT, S. M., LIN, B. B., JHA, S., BRINES, S. J. (2009) A multiscale assessment of hurricane impacts on agricultural landscapes based on land use and topographic features. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 128:12–20
- PIMENTEL, D. LEVITAN, L. C. Pesticides: amounts applied and amounts reaching **Pests. BioScience** 36:514-515, 1986.
- PORTER, J. H., PARRY, M. L., CARTER, T. R. The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. **Agricultural and Forest Meteorology** 57(1–3):221-240, 1991.
- REIJ, C. **Indigenous Soil and Water Conservation in Africa.** No 27. London: IIED Gatekeeper Series, 1991.
- REIJ, C., SCOONES, I., TOULMIN, C. **Sustaining the soil: indigenous soil and water conservation in Africa.** London: Earthscan, 1996.
- ROBINSON, R. A., WALLACE, R. Return to resistance: Breeding crops to reduce pesticide dependence. **Australasian Plant Pathology** 25:216-217, 1996.
- RODALE INSTITUTE. **The farming systems trial: celebrating 30 years.** Pennsylvania: Rodale Press, 2012.
- ROGÉ, P., FRIEDMAN, A. R., ASTIER, M., ALTIERI, M. A. Farmer strategies for dealing with climatic variability: a case study from the Mixteca Alta Region of Oaxaca, Mexico. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, 2014. DOI: 10.1080/21683565.2014.900842
- ROSENZWEIG, C., HILLEL, D. **Climate change and the global harvest: impacts of El Niño and other oscillations on agroecosystems.** New York: Oxford University Press, 2008.



- ROSSET, P. M., MACHÍN-SOSA, B., ROQUE-JAIME, A. M., AVILA-LOZANO, D. R. The Campesino-to-Campesino agroecology movement of ANAP in Cuba. **Journal of Peasant Studies**, 38(1):161–91, 2011.
- SMITH, P., OLESEN, J. P. Synergies between the mitigation of, and adaptation to, climate change in agriculture. **Journal of Agricultural Science** 148:543–552, 2010.
- STIGTER, C., DAWEI, Z., ONYEWOTU, L., XURONG, M. Using traditional methods and indigenous technologies for coping with climate variability. **Climatic Change** 70:255–71, 2005.
- SWIDERSKA, K. **The role of traditional knowledge and crop varieties in adaptation to climate change and food security in SW China, Bolivian Andes and coastal Kenya**. London: IIED, 2011.
- THORNTON, P.K. The potential impacts of climate change in tropical agriculture: the case of maize in Africa and Latin America in 2055. **Global Environmental Change** 13:51–59, 2003.
- THRUPP, L. A. **Cultivating Diversity: Agrobiodiversity and food security**. Washington DC: World Resources Institute, 1988.
- TOLEDO, V. M., BARRERA-BASSOLS, N. **La Memoria Biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales**. Barcelona: ICARIA Editorial, 2008.
- TOMPKINS, E. L., ADGER, W. N. Does Adaptive Management of Natural Resources Enhance Resilience to Climate Change?. **Ecology and Society** 9(2):10, 2004.
- TRAVIS, J., LYBBERT, D. A. Agricultural technologies for climate change in developing countries: Policy options for innovation and technology diffusion. **Food Policy** 37, 2012. p. 114–123.
- TSCHARNTKE, T., KLEIN, A. M., KRUESS, A., STEFFAN-DEWENTER, I., THIES, C. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity: ecosystem service management. **Ecology Letters** 8:857–874, 2005.
- VANDERMEER, J. **The Ecology of Intercropping**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 237 pp
- VANDERMEER, J., VAN NOORDWIJK, M., ANDERSON, J., ONG, C., PERFECTO, I. Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 67:1–22, 1998.
- VIA CAMPESINA. **Sustainable peasant and small family farm agriculture can feed the world**. Via Campesina Views, Jakarta, 2010.
- VIGOUROUX, J. Biodiversity, evolution and adaptation of cultivated crops. **Comptes Rendus Biologies** 334: 450–457, 2011.

- 
- WEST, T. D., GRIFFITH, D. R. Effect of strip-intercropping corn and soybean on yield and profit. **Journal of Production Agriculture** 5:107–110, 1992.
- WILKEN, G. C. **Good farmers**: traditional agricultural resource management in Mexico and Central America. Berkeley: University of California Press, 1987.
- ZHU, Y., FEN, H., WANG, Y., LI, Y., CHEN, J., HU, L., MUNDT, C. C. Genetic diversity and disease control in rice. **Nature** 406: 718–772, 2000.
- ZOUGMORÉ, R., MANDO, A., STROOSNIJDER, L. Effect of soil and water conservation and nutrient management on the soil-plant water balance in semi-arid Burkina Faso. **Agricultural Water Management** 65:102-120, 2004.

## **Agriculturas: cadernos para debate**

Os textos publicados na coleção *Agriculturas: cadernos para Debate* oferecem análises e pontos de vista críticos sobre as atuais tendências do desenvolvimento rural, situando a agricultura familiar e a agroecologia no contexto das lutas contemporâneas por sustentabilidade ambiental e equidade social.

