

O DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL E A AGROPECUÁRIA EM PERNAMBUCO



Editores:

**Josimar Gurgel Fernandes
Geraldo Majella Bezerra Lopes
Regina Ceres Torres da Rosa**

**Recife – PE
2022**

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO

Governador

Paulo Henrique Saraiva Câmara

Vice-governadora

Luciana Barbosa de Oliveira Santos

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO - SDA

Secretário

Claudiano Martins Filho

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO - IPA

Diretor Presidente

Kaio César de Moura Maniçoba Novaes Ferraz

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento

Gabriel Alves Maciel *in memoriam*

Diretor de Extensão Rural

José Roberto Santos de Moura Accioly

Diretor de Infraestrutura Hídrica

Romildo José Ferreira Gomes Neto

Diretoria de Administração e Finanças

Welliton José Lins da Silva



Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA
Vinculado à Secretaria de Desenvolvimento Agrário - SDA

O DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL E A AGROPECUÁRIA EM PERNAMBUCO

Editores:

Josimar Gurgel Fernandes

Geraldo Majella Bezerra Lopes

Regina Ceres Torres da Rosa

Recife - PE

2022

Dados Internacional de Catalogação na Publicação – CIP
Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA

Desenvolvimento sustentável a agropecuária de Pernambuco [livro eletrônico] /
Josimar Gurgel Fernandes, Geraldo Majella Bezerra Lopes, Regina Ceres Torres da
Rosa, editores técnicos. – Recife: Instituto Agrônômico de Pernambuco – IPA,
2022.
236p.: il. color.

Modo de acesso: <http://www.ipa.br>
ISBN: 978-65-997564-0-5

1. Agricultura. 2. Mudanças climáticas. 3. Biotecnologia. 4. Agroecologia. 5.
Desenvolvimento sustentável. I. Fernandes, Josimar Gurgel. II. Lopes, Geraldo Majella
Bezerra. III. Rosa, Regina Ceres Torres da.

CDD 630.7

© IPA 2022

EDITORES

Josimar Gurgel Fernandes

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Geografia – recursos naturais, pesquisador e extensionista do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, josimar.gurgel@ipa.br

Geraldo Majella Bezerra Lopes

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Sistemas Agrícolas, pesquisador do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, geraldo.majella@ipa.br

Regina Ceres Torres da Rosa

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, pesquisadora do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, regina.rosa@ipa.br

AUTORES

Ana Lucia Figueiredo Porto

Química, Doutorado em Engenharia Química, professora da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, analuporto@yahoo.com.br

Andréa Cristina Baltar Barros

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, professora do Centro Universitário Maurício de Nassau - UNINASSAU, baltarbarros@gmail.com

Antonio Raimundo De Sousa

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia – solos e nutrição de plantas, pesquisador do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, antonio.raimundo@ipa.br

Arminda Saconi Messias.

Bacharel em Química, Doutora em Engenharia Ambiental - resíduos sólidos. pós doutorado em Gestão Urbana - rios urbanos, arminda.saconi@gmail.com

Cynthia Araújo de Lacerda

Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia – entomologia, pesquisadora do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, cynthia.lacerda@ipa.br

Djalma Cordeiro dos Santos

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Botânica, pesquisador do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, antonio.raimundo@ipa.br

Eliane de Carvalho Noya

Comunicação social, Doutora em Sociologia, pesquisadora do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, eliane.noya@ipa.br

Eric Xavier de Carvalho

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Tecnologias Energéticas e Nucleares, pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, eric.carvalho@ipa.br

Erinaldo Viana de Freitas

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Zootecnia - forragicultura, pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, erinaldo.viana@ipa.br

Flávia Guimarães de Araújo

Assistente Social, Mestranda em Agroecologia – sustentabilidade rural, extensionista do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, flavia.guimaraes@ipa.br

Francinete Francis Lacerda

Meteorologista, Doutora em Engenharia Civil, pesquisadora do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, frqncis.lacerda@ipa.br

Gabriel Alves Maciel

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, gabriel.maciel@ipa.br

Galba Maria de Campos Takaki (Unicap)

Farmacêutica-Bioquímica, Doutora em Microbiologia e Imunologia, professora da Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, galba_takaki@yahoo.com.br

Geraldo Majella Bezerra Lopes

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Sistemas Agrícolas, pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, geraldo.majella@ipa.br

Horasa Maria Lima da Silva Andrade

Engenheira Agrônoma, Doutora em Etnobiologia e Conservação da Natureza, professora da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco - UFAPE, horasa.andrade@ufape.edu.br

Ianna Louise Araújo Chagas,

Engenheira Agrônoma, Mestre em Estudos Fronteiriços, bolsista no Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, iannalouise@hotmail.com

José de Paula Oliveira

Zootecnista, Doutor em Biotecnologia, pesquisador do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, jose.paula@ipa.br

José Manoel Wanderley Duarte Neto

Biólogo, Doutor em Biologia Aplicada à Saúde, bolsista de pós-doutorado na Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, jse_90@hotmail.com

José Nildo Tabosa

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Tecnologias Energéticas e Nucleares, pesquisador do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, nildo.tabosa@ipa.br

José Nunes Filho

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia – irrigação e drenagem, pesquisador do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, nunes.filho@ipa.br

Josimar Gurgel Fernandes

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Geografia – recursos naturais, pesquisador e extensionista do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, josimar.gurgel@ipa.br

Júlio César Vieira de Oliveira

Zootecnista, Doutor em Zootecnia, pesquisador do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, julio.oliveira@ipa.br

Luciana Melo Sartori Gurgel

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, pesquisadora do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, luciana.sartori@ipa.br

Luciano Pires de Andrade

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Etnobiologia e Conservação da Natureza, professor da Universidade Federal do Agreste de Pernambuco - UFAPE, luciano.andrade@ufape.edu.br

Manoel Saraiva Marques

Teólogo, Especialista em Desenvolvimento Rural Sustentável, assistente de pesquisa do Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, manosaraiva@hotmail.com

Márcia do Vale Barreto Figueiredo

Bióloga, Doutora em Ciências - microbiologia, colaboradora no Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA, marcia.figueiredo@ipa.br

Maria Carolina de Albuquerque Wanderley

Bióloga, Doutora em Desenvolvimento e Inovação Tecnológica em Medicamentos, bolsista de pós-doutorado na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, mariacarolinawanderley@gmail.com

Mario de Andrade Lira Júnior

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência de Plantas, professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, mario.alirajr@ufrpe.br

Milze Silva da Luz

Economista Doméstica, Mestranda em Agroecologia – sustentabilidade rural, extensionista do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, milze.luz@ipa.br

Nathália Sá Alencar do Amaral Marques

Bióloga, Doutora em Biotecnologia - Recursos Naturais, bolsista no Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, nathaliasa13@hotmail.com

Patricia Ribeiro dos Santos

Engenheira Agrônoma, Doutora em Agronomia – ciência do solo, pesquisadora no Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, patricia.santos@ipa.br

Regina Ceres Torres da Rosa

Engenheira Agrônoma, Doutora em Fitopatologia, pesquisadora do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, regina.rosa@ipa.br

Sebastião Inocêncio Guido

Médico Veterinário, Doutor em Ciência Veterinária, pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, sebastiao.guido@ipa.br

Silvana Maria de Lemos

Economista Doméstica, Mestre em Extensão Rural e Desenvolvimento Local, extensionista do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, silvana.maria@ipa.br

A palavra do Presidente

O Instituto Agronômico de Pernambuco - IPA foi instituído em 1935 com o nome de Instituto de Pesquisas Agronômicas com o intuito de produzir pesquisa e desenvolvimento e produção de bens e serviços agropecuários. Foi transformado em autarquia em 1960, permanecendo com o mesmo nome e expandindo suas ações e atividades ao interior do estado por meio de uma rede de estações experimentais que lhe foi incorporada. A Lei nº 6.959 de 1975 transformou a instituição que passou a denominação de Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, mantendo a sigla IPA, já consolidada no setor agropecuário. A Lei Complementar nº 049 de 2003 que trata da reforma administrativa do Governo do Estado, ampliou a competência do IPA incorporando as atividades de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater) e de Infraestrutura Hídrica

O IPA que esse ano completa 87 anos de serviços prestados à sociedade, é a segunda instituição de pesquisa agropecuária mais antiga do país e tem a missão de contribuir para o desenvolvimento rural e sustentável de Pernambuco, mediante atuação de modo integrado na geração de tecnologia, nas ações de assistência técnica e extensão rural e no fortalecimento da infraestrutura hídrica, com atenção prioritária aos agricultores de base familiar.

Algumas relevantes contribuições para promover o desenvolvimento rural sustentável em Pernambuco são aqui tratadas a partir de uma compilação de dados em diferentes setores da agropecuária. Além de algumas estratégias de apoio que vêm se mostrando viáveis em diversas experiências em andamento no Estado.

Dessa forma, o desenvolvimento tecnológico que foi gerado e aplicado ao longo dessas décadas, e que é compartilhado nessa publicação, está inserido num processo amplo em que a tecnologia é um instrumento de promoção do desenvolvimento rural que atenda às demandas sociais, econômicas e ambientais. Além disso, o Estado de Pernambuco, assim como o Brasil, caminha na criação e adequação de políticas públicas para promoção e fortalecimento do desenvolvimento sustentável do setor agropecuário.

Kaio Maniçoba

Diretor Presidente - IPA

Sumário

Capítulo 1:13

PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Geraldo Majella Bezerra Lopes, Francinete Francis Lacerda

Capítulo 2:35

AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO

Erinaldo Viana de Freitas, Gabriel Alves Maciel, Eric Xavier de Carvalho

Capítulo 3:65

USO RACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

Josimar Gurgel Fernandes, Patricia Ribeiro dos Santos

Capítulo 4:84

INFORMAÇÕES TÉCNICAS SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS

Antonio Raimundo De Sousa, José Nunes Filho, Sérvulo Mercier Siqueira e Silva,
Josimar Gurgel Fernandes

Capítulo 5:102

CONTROLE DE DOENÇAS NA PERSPECTIVA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Regina Ceres Torres da Rosa, Luciana Melo Sartori Gurgel, Andréa Cristina Baltar
Barros

Capítulo 6:125

BIOTECNOLOGIA E BIOINSUMOS: CHAVE PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

José de Paula Oliveira, Márcia do Vale Barreto Figueiredo, Mario de Andrade Lira
Júnior, Ana Lucia Figueiredo Porto, Eric Xavier de Carvalho, José Manoel Wanderley
Duarte Neto, Maria Carolina de Albuquerque Wanderley

Capítulo 7:144

PECUÁRIA LEITEIRA E SUSTENTABILIDADE

Sebastião Inocência Guido, Júlio César Vieira de Oliveira, Djalma Cordeiro dos Santos, José Nildo Tabosa

Capítulo 8:172

EXTENSÃO RURAL, POLÍTICAS PÚBLICAS E SEGURANÇA ALIMENTAR: UM ESTUDO DA PERCEPÇÃO DOS BENEFICIÁRIOS DO PROGRAMA DE AQUISIÇÃO DE ALIMENTOS (PAA) NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Milze Silva da Luz, Flávia Guimarães de Araújo, Silvana Maria de Lemos, Horasa Maria Lima da Silva Andrade, Luciano Pires de Andrade

Capítulo 9:194

INOVAÇÕES NA TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA: EVOLUÇÃO OU REVOLUÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR DO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO?

Eliane de Carvalho Noya, Manoel Saraiva Marques, Cynthia Araújo de Lacerda

Capítulo 10213

AGRICULTURA URBANA E PERIURBANA NA PROMOÇÃO DA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

Arminda Saconi Messias, Nathália Sá Alencar do Amaral Marques, Ianna Louise de Araújo Chagas, Galba Maria de Campos Takaki, Josimar Gurgel Fernandes

Introdução

A humanidade atualmente enfrenta grandes desafios e um desses é o de prover alimentos saudáveis a todos de forma sustentável, enquanto lida com questões cruciais como as mudanças climáticas e seus impactos advindos do uso dos recursos naturais. Quanto a questão da produção de alimentos, houve ao longo do tempo inovações tecnológicas nas diversas áreas do conhecimento, especificamente para as chamadas commodities (café, milho, soja, trigo etc.). As novas tecnologias abrangem uma ampla variedade de sistemas produtivos caracterizados por uso intensivo da chamada 'alta' tecnologia. São os denominados sistemas de 'Agricultura 4.0', restritos ao ambiente econômico das commodities que envolvem conceitos como verticalização da produção, bioinformática, bioeconomia, inteligência artificial além de outros conceitos como os de agricultura circular, internet das coisas, etc. também utilizados em sistemas de agricultura alternativos ou orgânicos.

Sabe-se que o alcance das metas do Objetivo 2 da ONU ('acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável até 2030'), não é uma questão meramente quantitativa. Já existe alimento suficiente para abastecimento da população mundial. No entanto, mais de 20 %, da população encontra-se sob vulnerabilidade e insegurança alimentar. No semiárido brasileiro, atualmente, mais de 40 % da população está com algum tipo de situação de insegurança alimentar e nutricional.

Na atualidade, muitas políticas públicas têm sido elaboradas e aprovadas em diversas instâncias políticas pelos diversos governos locais e até o Federal. A questão é que nem sempre essas políticas, em sua maioria bem elaboradas, com o envolvimento de muitas pessoas e instituições, não são implementadas. Precisamos melhorar nossas estruturas políticas e processos de governança que garantam as interações institucionais e a coordenação em vários setores e níveis da sociedade que integram diferentes visões, discursos e abordagens em relação à segurança alimentar. Essas questões são abordadas em alguns capítulos desse livro. O texto é uma revisão complementada com a visão dos diversos autores sobre temas que expressam a preocupação sobre o conhecimento já disponível de quais estratégias são mais adequadas para mitigar os diversos problemas relativos à questão da sustentabilidade, de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas, da diversificação

da produção de alimentos etc. que impactam diretamente sobre a continuidade do ambiente semiárido brasileiro.

Livro está estruturado em dez capítulos que comentam o desempenho do Plano ABC (agricultura de baixo carbono), tanto na sua primeira versão quanto na proposta, para os próximos dez anos (Capt. 1). Há revisão específica sobre a utilização de tecnologia preconizada no plano com a integração lavoura pecuária (Capt. 2); no Capt. Se comenta sobre o potencial de produção e uso de bioinsumos; nos Capt. 3 e 4, discutem-se o uso racional dos recursos hídricos e sobre o manejo de solos; no Capt. 5 e 6 são colocadas informações relativas ao controle de doenças de plantas sob a perspectiva das mudanças climáticas e também a parte de biotecnologia e bioinsumos na agricultura; o Capt. 7 discute um sistema produtivo de pecuária de leite; os Capt. 8 e 9 são dedicados ao tema extensão rural e a agricultura familiar no semiárido de Pernambuco, por fim, o último capítulo aborda a questão da Agricultura Urbana e Periurbana e sua interrelação com a segurança alimentar e nutricional.

O objetivo com essa publicação é que os leitores possam refletir sobre as formas e potenciais da produção sustentável frente as mudanças climáticas já em curso. Que se possa refletir sobre a situação de fome ou insegurança alimentar enfrentada atualmente pela população no mundo e em particular no Brasil e no semiárido nordestino. Refletir sobre as alternativas disponíveis atualmente de baixa emissão de gases de efeito estufa e a promoção do equilíbrio entre uso e desenvolvimento, trazendo às populações menos favorecidas inclusão econômica e social.

Capítulo 1

PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Geraldo Majella Bezerra Lopes
Francinete Francis Lacerda

Introdução

A Organização das Nações Unidas - ONU procurou sedimentar os seus antigos 'objetivos do milênio' (sete objetivos) ao expandi-los para os 'Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS' (The Sustainable Development Goals) (17 objetivos) e aqui serão tratados, especificamente, os de números dois – o 'fome zero e agricultura sustentável' ('acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável até 2030') e o 13 – Ação contra a mudança global do clima ('tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos') (UNITED NATIONS, 2015; 2021).

Por que se deve investir em uma produção sustentável frente às mudanças climáticas? Qual a situação de fome ou insegurança alimentar enfrentada atualmente pela população no mundo e em particular no Brasil e no semiárido nordestino? Quais os riscos e impactos de uma agricultura dita não sustentável? Quais as alternativas disponíveis atualmente e as perspectivas de que teremos uma exploração de baixa emissão de gases de efeito estufa e conseqüentemente a promoção do equilíbrio entre uso e desenvolvimento, trazendo às populações menos favorecidas inclusão econômica e social? Estas são questões que tentaremos comentar ao longo do texto deste capítulo.

Conceitos / definições

Nesta parte do capítulo, serão comentados alguns conceitos encontrados na literatura com o objetivo de levar ao leitor as diversas opiniões encontradas, na tentativa de ajudar na sua reflexão para que forme, também, sua opinião referente ao assunto em pauta.

Agricultura sustentável e os recursos naturais

Segundo Brodt *et al.* (2011), quando a produção de alimentos e fibras degrada os recursos naturais, a capacidade das gerações futuras de produzir e florescer diminui. Acredita-se que o declínio de civilizações antigas na Mesopotâmia, na região do Mediterrâneo, no sudoeste pré-colombiano dos EUA e na América Central tenha sido fortemente influenciado pela degradação dos recursos naturais, por práticas agrícolas e florestais não sustentáveis. Uma abordagem de agricultura sustentável busca utilizar os recursos naturais de forma que eles possam regenerar sua capacidade produtiva e minimizar impactos prejudiciais ao incorporar sistemas agrícolas biologicamente integrados. O exemplo citado por esses autores foca na utilização reduzida do uso de pesticidas tóxicos para limitar as populações de pragas.

Os agroecossistemas não podem ser sustentáveis a longo prazo sem o conhecimento, competência técnica e mão-de-obra qualificada, necessária para gerenciá-los com eficácia (BRODT *et al.*, 2011). Alguém poderia questionar então, mas os indígenas tinham seus agroecossistemas sem o modelo de gestão preconizado por Brodt *et al.* (2011). Certo, mas eram sistemas de cultivo para alimentar algumas famílias, situação bem diferente da atual, tanto que para Brodt *et al.* (2011), dada a natureza da agricultura, em constante mudança, e localidade específica, a sustentabilidade requer uma base de conhecimento diversificada e adaptativa, utilizando tanto a ciência formal e experimental quanto o conhecimento local dos próprios agricultores. Esta informação, dada pelos autores citados neste parágrafo, é muito importante pelo fato de que, na maioria dos casos, as instituições de pesquisa, universidades e as de assistência técnica não levam em consideração o conhecimento local como parte integrante e fundamental no manejo dos recursos naturais. As instituições sociais que promovem a educação de agricultores e cientistas deveriam incentivar esse caminho – da integração do conhecimento científico com o empírico.

Mudança climática e segurança alimentar

Na revisão feita por Hanning *et al.* (2012), a segurança alimentar foi definida pela Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) das Nações Unidas (ONU) como: “a segurança alimentar existe quando todas as pessoas, em todos os momentos, têm acesso físico, social e econômico a alimentos suficientes, seguros e nutritivos que atendam às suas necessidades dietéticas e preferências alimentares para uma vida ativa e saudável”.

As últimas estimativas sugerem que 9,7 por cento da população mundial (pouco menos de 750 milhões de pessoas) foi exposta a níveis severos de insegurança alimentar em 2019. Em todas as regiões do mundo, exceto América do Norte e Europa, a prevalência de insegurança alimentar severa aumentou de 2014 a 2019 (FAO, 2020). Esse aumento ocorre pelo terceiro ano consecutivo e ressalta o imenso desafio de alcançar o ODS de fome zero até 2030. O ritmo de progresso na redução do número de crianças que sofrem de atraso no crescimento (estatura baixa para idade) e de bebês com baixo peso ao nascer é muito lento, o que também coloca as metas de nutrição do ODS 2 fora do alcance, de acordo com o relatório. Ao mesmo tempo, somando-se a esses desafios, o sobrepeso e a obesidade continuam aumentando em todas as regiões, especialmente entre crianças em idade escolar e adultos. Além disso, as chances de insegurança alimentar são maiores para mulheres do que para homens em todos os continentes, com a maior diferença na América Latina.

O termo 'mudança climática' tem sido usado nos últimos anos para se referir especificamente às mudanças climáticas causadas pela atividade humana (alterações climáticas antropogênicas) (IPCC, 2013) e é frequentemente usado de forma intercambiável com o termo aquecimento global.

Produção sustentável: problemas e perspectivas

Nesta parte do capítulo, procurou-se relacionar informações que descrevam a situação atual do que se propaga sobre a produção sustentável de alimentos e mudanças climáticas. A literatura sobre esses assuntos é farta e diversa. A intenção aqui é a de levar ao leitor reflexões que o ajudem a construir suas próprias considerações para que crie ou melhore sua perspectiva nesses temas.

A triplicação da produção de cereais desde a Revolução Verde contribuiu para reduzir a pobreza, com benefícios indiretos para a saúde, expectativa de vida e outros facilitadores do desenvolvimento humano (EVENSON; GOLLIN, 2003). A questão é: como atender às necessidades humanas de alimentos e, ao mesmo tempo, não gerar impactos negativos sobre os sistemas naturais? Em termos de saúde, enquanto a subnutrição continua sendo um problema para mais de 800 milhões de pessoas, hoje dietas não saudáveis são a maior carga global de doenças (WILLETT *et al.*, 2019), com mais de 2 bilhões de pessoas afetadas por sobrepeso e obesidade (FAO, IFAD, UNICEF, PMA, OMS, 2019). Para o meio ambiente, a produção de alimentos é

atualmente o principal impulsionador global da perda de biodiversidade, uso da água e mudança no uso da terra (TAMBORINO *et al.*, 2020).

Altieri e Nicholls (2020), ao se referirem à forma de produção de alimentos básicos distinguem atualmente três espécies de culturas, trigo, arroz e milho como fornecedoras de mais de 50 % das calorias consumidas globalmente, compreendendo uma dieta de baixo valor, que impacta significativamente a segurança alimentar, o estado nutricional e a saúde, especialmente de pessoas pobres e vulneráveis. Afirmam que muitos países estão perdendo sua segurança alimentar à medida que incentivam a forma de produção não diversificada. Como consequência, há uma mudança nas dietas tradicionais diversificadas e ricas para alimentos altamente processados, com alta densidade energética e pobres em micronutrientes. As monoculturas de grande escala são altamente vulneráveis a 'pragas', 'ervas daninhas', 'doenças' e dependem de cerca de 2,3 bilhões de quilos de pesticidas por ano, representando grandes riscos para a população em geral por meio de resíduos tóxicos nos alimentos quando chegam aos consumidores. Muitos inseticidas levam a diminuição da quantidade de polinizadores e inimigos naturais de pragas que contribuem com serviços ecossistêmicos essenciais para a agricultura. Esta perda de biodiversidade custa centenas de bilhões de dólares anualmente na produção agrícola e na saúde humana.

Le Mouël e Forslund (2017) realizaram uma revisão de 25 estudos de cenários sobre as tendências atuais das necessidades mundiais de alimentos e de produtos não alimentares e identificaram que essas necessidades podem aumentar em + 50 % a + 69 % no período de 2010-2050. Assumir um maior crescimento populacional ou dietas alimentares alternativas envolvendo maior consumo de energia e / ou maior participação de produtos de origem animal contribuiriam para impulsionar o aumento das necessidades alimentares e não alimentares mundiais em até + 54 % a + 91 % no período 2010-2050. De maneira contrária, um menor crescimento populacional ou mudanças para dietas menos ricas em energia e / ou produtos de origem animal ajudariam a aliviar o aumento das necessidades alimentares e não alimentares mundiais, que poderia variar de + 29 % a + 48 % em 2010-2050. Assim, estudos de cenário existentes indicam que comer menos e principalmente comer menos produtos de origem animal, especialmente carne, ajudaria, de modo mais fácil, a alimentar o mundo até 2050.

De acordo com Garnett (2013), as soluções propostas dependem muito de como o problema é conceituado e, de um modo geral, são três as principais perspectivas sobre os problemas apontados. Uma enfatiza as consequências negativas da produção de alimentos onde é necessário abordar esses impactos desenvolvendo abordagens de cadeia de suprimentos agrícolas e pós-colheita que causem menos danos. Uma segunda perspectiva destaca os padrões de consumo que impulsionam a produção de alimentos de alto impacto, como carnes e laticínios; o caminho é, portanto, tentar alterá-los. E uma terceira aponta o problema da desigualdade, a coexistência do excesso com a insuficiência, que caracteriza tanto os danos ambientais causados pela produção quanto os problemas de saúde ligados ao consumo, defendendo um sistema alimentar mais equitativo.

Pode-se acrescentar uma quarta questão de grande relevância, de certa forma ligada à terceira, que o desperdício de alimentos nos diversos elos da cadeia produtiva. Aproximadamente, um terço dos alimentos produzidos anualmente para consumo humano - cerca de 1,3 bilhões de toneladas por ano - se perde ou desperdiçado em todo o mundo. Nas economias em desenvolvimento, mais de 40 % das perdas de alimentos ocorrem após a colheita ou durante o processamento (GUNASEKERA, 2015).

Até que ponto os formuladores de políticas públicas estão conscientes da necessidade de criar instrumentos para lidar com essas preocupações?

Alimentos para o Mundo

Os sistemas alimentares padecem e contribuem com a degradação ambiental e as mudanças climáticas; são causas de muitas crises de saúde, incluindo a desnutrição (fome, deficiências de micronutrientes e sobrepeso / obesidade), insegurança alimentar e pandemias como a pandemia de COVID-19 (FAN, 2021).

A população global atual é de 7,7 bilhões. Espera-se que seja de 9,2 bilhões em 2050 segundo informações das ONU e Banco Mundial (SILVA, 2018). Em 2050, a população dos países em desenvolvimento será de aproximadamente 8 bilhões. A população nos países desenvolvidos será de 1,2 bilhão. O maior crescimento populacional ocorre nos países em desenvolvimento, em particular nos da Ásia, com impressionantes 41 % e da África com 47 %, em 2050. O consenso é que a produção agrícola global deve ser aumentada em cerca de 60-70 por cento em relação aos níveis atuais.

Hoje, 55 por cento da população mundial vive em áreas urbanas, uma proporção que deve aumentar para cerca de 70 por cento em 2050. A urbanização tem um impacto considerável nos padrões de produção de alimentos e hábitos de consumo. Frequentemente, estimula alterações na infraestrutura, incluindo cadeias de frios, que permitirão que produtos perecíveis sejam comercializados de forma mais ampla. Todos esses fatores exercerão um pesado fardo sobre as terras aráveis existentes para produzir mais alimentos humanos em 2050 (SILVA, 2018).

Aumentar a quantidade de terra arável é uma resposta lógica para aumentar a produção de alimentos. Atualmente, existem cerca de 1,6 bilhões de hectares de terras aráveis em todo o mundo. Nos últimos 40 anos, cerca de um terço da terra arável foi ameaçada pela erosão, água do mar e poluentes que degradam o solo e a produtividade biológica. Como a maioria das terras férteis já está sob produção agrícola, a expansão das terras aráveis será limitada a apenas algumas regiões (SILVA, 2018).

Em 2050, as terras aráveis aumentarão em cerca de 200 milhões de hectares, principalmente da África Subsaariana e América Latina. Essa expansão pode ter um preço alto, já que o desmatamento, na Amazônia por exemplo, causaria graves transtornos ecológicos e liberação de mais carbono armazenado nos solos para a atmosfera. Essas terras virgens não estão prontamente disponíveis para a agricultura, pois carecem de requisitos químicos, físicos, biológicos e de infraestrutura para monocultivos (SILVA, 2018).

Kuhlemann (2018), afirma que o crescimento da população humana está desacelerando, mas não há fim à vista: serão 11 bilhões no final deste século. A autora sugere que focar na taxa de crescimento populacional como o problema central equivale a uma abordagem equivocada e enganosa, assim como a sugestão de que devemos ter como objetivo "estabilizar" o tamanho da população. O tamanho atual da nossa população já é insustentável, o que representa grandes riscos para humanos e o ambiente. O objetivo deve ser reverter o crescimento da população humana, em vez de desacelerá-lo ou bloqueá-lo em algum tamanho arbitrário e insustentável.

A civilização humana enfrenta uma grave incompatibilidade de longo prazo entre a produção sustentável de alimentos e o tamanho da população global. Alguns especialistas sugerem que uma população de aproximadamente duas pessoas por hectare arável seria ecologicamente sustentável. Se assim for, com 1,6 bilhão de hectares cultiváveis, o planeta poderia sustentar 3,2 bilhões de pessoas

perpetuamente. Isso é menos da metade dos atuais 7,7 bilhões. Mas essa é uma assertiva quando se trata de terra arável e para o cultivo de grãos, principalmente.

Atualmente, com as técnicas de cultivos protegidos, por exemplo, no caso de frutas e hortaliças essa relação não faria sentido. Outras questões que chamam a atenção são: e o tamanho do desperdício daquilo que se produz? E a quantidade de pessoas hoje em insegurança alimentar? É por que se produz menos do que a demanda? Ou por que essas pessoas em necessidade não têm acesso aos alimentos?

Para Ribeiro *et al.* (2017), há várias dimensões na relação alimentação e sustentabilidade, inclusive com influência em todos 'Objetivos do Desenvolvimento Sustentável', o que implica uma mudança radical no atual sistema alimentar. Afirmam que tal relação não se resume apenas aos aspectos ambientais/ecológicos, mas, também, aos aspectos culturais, sociais e econômicos da sustentabilidade do sistema alimentar.

Como se pode observar nesse item sobre a população, há a indicação de que em 2050 a produção mundial de alimentos deve aumentar em cerca de 70 % para atender a demanda de uma população cada vez maior. De que forma essa produção aumentará? Com a utilização de novas áreas? Com a recuperação de áreas abandonadas ou em processo de degradação? Com a utilização das reservas florestais? Também, há autores que sugerem uma diminuição do tamanho da população em prol da sustentabilidade ambiental, relacionando o aumento exagerado da população às diversas consequências dos impactos negativos no ambiente. Também há os que acham que devem ser feitos investimentos e políticas públicas de redução das perdas dos alimentos nos diversos segmentos da cadeia produtiva.

O aumento da produção brasileira de alimentos deve ocorrer principalmente com redução de mão de obra ocupada; redução da área plantada devido aos ganhos de produtividade da terra e aumento do uso de capital com a utilização de conhecimento tecnológico (GASQUES *et al.* 2018).

O Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2020), registrou que a área dos estabelecimentos no Brasil é de 351,3 milhões de hectares, que correspondem a 41,3 % do território nacional. A área ocupada com lavouras, 63,5 milhões de hectares, representa 7,5 % do território, as lavouras somadas às pastagens, 26,2 %, e as matas e florestas dentro dos estabelecimentos representam 15,1 % do território.

O próprio Ministério da Agricultura do Brasil (MAPA, 2020), coloca suas projeções para 2029/2030 de uma safra de grãos por volta de 320 milhões de toneladas, o que corresponde a um acréscimo de 26,9 % sobre a atual safra estimada em 250 milhões de toneladas. Esse acréscimo corresponde a uma taxa de crescimento de 2,4 % ao ano e para que isso ocorra projeta-se uma área de grãos com aumento de 16,7 % entre 2019/20 e 2029/30, passando de 65,6 milhões de hectares em 2019/20 para 76,4 milhões em 2029/30, o que corresponde a um acréscimo anual de 1,6 %. As projeções apontam para redução das áreas de arroz e feijão e aumento da área plantada de soja e milho. A área de soja dobra no período considerado, passando de 23,5 milhões de hectares em 2009/2010 para 46,6 milhões em 2029/30.

Estes dados mostram que o avanço da agricultura no Brasil, do ponto de vista governamental, necessita ocupar novas áreas para o plantio de soja e milho ou, talvez, em vez de ocupar novas áreas. Por que não recuperar as áreas degradadas ou intensificar o cultivo nas áreas já disponíveis? Isto já seria suficiente para expandir consideravelmente a agricultura no Brasil, aumentando a produção e trazendo mais empregos, além de elevar o volume de exportações.

Nesse contexto de recuperação de áreas já degradadas vêm as tecnologias propostas em uma, também, política pública do governo federal - o PLANO ABC (BRASIL, 2012), oficialmente chamado de 'Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, estabelecido em 2010 após a 15ª Conferência das Partes (COP-15), ocorrida no ano anterior em Copenhague, na Dinamarca. Veio como a política pública brasileira em resposta aos compromissos assumidos pelo país junto à citada conferência. A adoção e mitigação de gases de efeitos estufa (GEE) pelas tecnologias preconizadas no referido plano foi para a redução entre 36,1 % e 38,9 % das emissões de GEE, projetada para 2020. Para isso, há dez anos, suas metas eram:

- recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas (RPD) por meio do manejo adequado e adubação;
- aumento da adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e de Sistemas Agroflorestais (SAFs) em 4 milhões de hectares;
- ampliação da utilização do Sistema Plantio Direto (SPD) em 8 milhões de hectares;

- ampliação do uso da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) em 5,5 milhões de hectares;
- promoção das ações de reflorestamento no país, expandindo a área com florestas plantadas, atualmente, destinada à produção de fibras, madeira e celulose em 3,0 milhões de hectares, passando de 6,0 milhões de hectares para 9,0 milhões de hectares;
- e a ampliação do uso de tecnologias para tratamento de 4,4 milhões de m³ de dejetos de animais para geração de energia e produção de composto orgânico.

O Plano ABC' foi o instrumento criado pelo governo brasileiro para ser seu exemplo de produção sustentável, com tecnologias e metas bem definidas de redução da emissão de GGE (potencial de mitigação de 133,9 a 162,9 milhões Mg CO₂ eq).

Segundo Manzatto *et al.* (2020), após oito anos de execução do plano, a área de adoção de RPD considerando os valores de financiamento pelo Programa ABC foram de 3,31 milhões de ha entre 2010 e 2018. Mas considerando as áreas recuperadas sem o financiamento do Programa ABC este número chega a 10,44 milhões hectares representando 70 % dos 15 milhões de ha estabelecidos como meta no Plano ABC para 2020. No caso das áreas de adoção da tecnologia ILPF a meta superou em 146 %; para a tecnologia SDP a meta foi superada em 59 %; no caso da FBN, na expansão do plantio de soja, correspondeu a 181 % da meta estabelecida no Plano.

Com relação ao plantio de florestas, o incremento de área plantada em relação ao ano de 2010 foi de cerca de 700 mil hectares, valor próximo à área financiada pelo Programa ABC, que foi da ordem de 633 mil ha, porém muito inferior aos 3 milhões de ha estabelecidos como meta do Plano. Destaca-se, entretanto, que a linha de financiamento do Plano ABC, para recomposição florestal de passivos ambientais decorrentes da promulgação da Lei nº 12.651/2012 – Novo Código Florestal, não foi completamente implementada, o que certamente contribuiria para o atingimento da meta prevista em termos de área e mitigação das emissões.

No caso do tratamento de dejetos de animais, a exemplo da RPD, as estimativas são parciais e decorrem da falta de dados sobre a adoção e informações setoriais mais abrangentes sobre a venda e implantação de equipamentos, especialmente, nos setores de suinocultura e pecuária leiteira. Estudos contratados pelo DEPROS/MAPA indicam que o volume de tratamento de dejetos é muito superior

ao financiado diretamente pelo Programa, fato este que também foi observado em relação à ILPF e RPD. Em resumo, considerando o emprego das tecnologias com e sem financiamento do Plano, houve o atingimento de 77 % das metas previstas. Segundo Manzatto *et al.* (2020), a redução de emissão de GEE com o programa e ações paralelas (ações não financiadas pelo plano) foi da ordem de 100,21 e 154,38 milhões de Mg CO₂ eq.

Considerando que o Plano ABC tem abrangência nacional, uma decisão estratégica proposta pelo Plano foi o incentivo do desenvolvimento de uma governança estadual, por meio das secretarias estaduais de agricultura, fomentando a criação dos grupos gestores estaduais (GGE) e o desenvolvimento dos respectivos Planos Estaduais ABC (LIMA *et al.*, 2020). Coube aos estados definir regiões alvo, metas e prioridades, considerando elementos como estrutura fundiária, logística, estrutura da assistência técnica, regularização ambiental, além das prioridades e capacidades próprias.

Em todos os Estados foram realizados seminários de sensibilização e capacitação sobre a importância do Plano ABC como uma política federal que tem os estados como pilares de implementação. A constituição dos grupos gestores decorreu dessa mobilização e envolveu, conforme a realidade e dinâmica de cada UF, representantes do Ministério da Agricultura, das secretarias do estado – principalmente, de agricultura, mas também de ambiente, planejamento, entre outras – da Embrapa, das organizações estaduais de pesquisa e assistência técnica e extensão rural, de bancos, universidades além da integração de representantes do setor produtivo e da sociedade civil, entre outros atores do setor público e privado que têm ações relevantes conforme cada realidade.

Com base em informações locais o grupo gestor elaborou seu Plano ABC Estadual, para nortear as ações em seu território. Todos os estados e o Distrito Federal criaram grupos gestores estaduais.

O plano ABC, ao longo desses últimos 10 anos foi implementado apenas em alguns estados da federação. No caso específico de Pernambuco, apenas em 2017, precisamente no dia 25 de outubro, publicou o seu plano, coordenado pela Secretaria de Desenvolvimento Agrário e com a participação de mais 14 instituições (Decreto do governo do estado, nº 45.165 DOE-PE de 26/10/2017 – Poder Executivo, pag. 7 a 11)). As metas do plano estadual eram semelhantes às do plano nacional:

- recuperação de 60 mil hectares de pastagens e áreas agrícolas degradadas;

- implantação de 3 mil hectares de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e de 1,5 mil hectares de sistemas agroflorestais (SAFs);
- implantação de 20 mil hectares de Sistema Plantio Direto (SPD);
- ampliação do uso da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) em 5,5 milhões de hectares;
- aumento da área com florestas plantadas em 20 mil hectares;
- tratamento / destinação de 20 mil toneladas de resíduos e efluentes;
- adaptação às mudanças climáticas de 5 mil hectares de áreas de bacias hidrográficas experimentais.

Nos seus objetivos, o plano preconiza a redução das emissões de GEE, uso das tecnologias ABC e capacitação, estudos e técnicas de convivência com o semiárido. O plano estadual discrimina o papel das diversas instituições participantes (universidades, Embrapa, IPA, secretarias, MAPA, APAC etc., teve vigência até 2020, explicitando a redução de 1,168 a 1,259 milhões de Mg CO₂eq até o ano de 2020. O estado elaborou e publicou o seu plano, envolveu e atribuiu responsabilidades a mais de uma dezena de instituições; formou grupo gestor, mas não implementou o plano. Nessa mesma situação, referindo-se à região Nordeste, apenas cinco estados tinham publicado seus planos até setembro de 2020 (MANZATTO *et al.*, 2020).

Como bem descreve em seu relatório sobre o desempenho do Plano ABC, o MTFC – CGU destaca a questão da governança. Ainda em 2016 (MTFC, 2016), o Ministério da Transparência, Fiscalização e Controle (antiga Controladoria-Geral da União) publicou o Relatório nº 201700337 sobre a avaliação que fez do desempenho do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), sob responsabilidade do MAPA, enquanto política pública. A análise da gestão do plano permitiu identificar: *fragilidades na coordenação do monitoramento do Plano ABC por parte da Comissão Executiva, coordenada pelo Mapa; o não acompanhamento da implementação de todo o portfólio de ações do Plano; o monitoramento e acompanhamento de áreas realmente implantadas com o uso das tecnologias do Plano ABC com base em fonte insuficiente de dados; e a fiscalização insuficiente da execução física de objeto definido em instrumento de transferência de recursos.*

Com base nesse relatório o MTFC fez as seguintes recomendações ao MAPA - articular-se com os gestores da Plataforma ABC, para priorização territorial dos diferentes programas do Plano e para revisão das ações; fazer gestões junto ao Banco Central e ao CMN (Conselho Monetário Nacional) para avaliar, na linha de financiamento do Plano ABC, a criação de critérios mais vantajosos para a contratação de crédito em regiões e programas e que a aplicação do recurso traga maior benefício ambiental; avaliar a viabilidade de se obter dados de outras linhas de crédito de investimento do Plano Agrícola-Pecuário nacional que possuam itens financiáveis afins aos do Programa ABC, de forma a complementar o monitoramento do alcance das metas e conhecer a dimensão real do uso das tecnologias do Plano; adotar medidas para assegurar que as ações planejadas no Plano ABC, executadas por meio de transferências voluntárias, sejam efetivamente concretizadas, considerando que as parcerias são atividades relevantes de fomento regional do Plano.

Após 10 anos de execução o Plano ABC passa por processo de revisão e alinhamento para uma nova versão 2020-2030 (LIMA *et al.*, 2020). Este plano é talvez a melhor aposta, em nível nacional, de política pública de produção sustentável que o Brasil já veio a possuir e que pode ser exemplo para os outros países. A questão é que precisa de monitoramento intensivo para que questões locais e regionais que possam impactar em desempenho negativo sejam imediatamente corrigidas. Como se refere Borsellino *et al.* (2020), após extensiva revisão, em busca dos passos para a sustentabilidade do sistema agroalimentar, identificaram que a obtenção de produtos alimentícios com base sustentável e garantia da autossuficiência global, pode ser feita por meio da redistribuição de terras cultivadas, combinando agricultura intensiva com altos padrões de desempenho ambiental, foco na agricultura integrada e orgânica. Concluem que novos sistemas e práticas agrícolas precisarão ser pesquisados em relação à gestão responsável de água, pesticidas e fertilizantes / nutrientes. Para organizações atuando ao longo da cadeia de abastecimento agroalimentar, seria interessante analisar seus compromissos sociais e definir uma estrutura globalmente aceita para avaliar o desempenho da sustentabilidade. O Brasil já avançou quanto a isso identificando tecnologias de baixa emissão de gases, mostrando como recuperar áreas degradadas e o incentivo à agricultura integrada e biológica.

Tecnologias de produção sustentável para o Nordeste semiárido do Brasil

Tavares *et al.* (2016), ao descrever a paisagem da região semiárida do Nordeste do Brasil, colocam que a paisagem do imaginário das pessoas, talvez criada pela mídia, de forma geral, chama a atenção para uma paisagem que “parece se apresentar hostil na maior parte do ano, desoladora, de aparente falta de vida, calor escaldante e luminosidade excessiva”. Ora, por que desoladora ou hostil? Por que luminosidade excessiva? Descrevem, também, a postura das elites políticas, culturais e científicas no Nordeste que de certa forma têm contribuído na criação de mitos e deformações acerca da região, sustentando crenças sobre sua irrelevância biológica e socioeconômica. No tocante à criação artístico-cultural, tais concepções estão reforçadas por vasta produção, a exemplo do cançãoeiro popular refletindo a situação de penúria das pessoas e da natureza, o sofrimento pela escassez e pelo excesso (secas e inundações), cristalizando-se a imagem de um espaço estigmatizado, pobre e que precisa da ajuda dos mais ‘ricos’, dos que detêm o poder. Não obstante, há regiões semelhantes no planeta que mostram realidades bem diferentes como as apresentadas na Austrália, Estados Unidos, Israel etc.

Silva *et al.* (2020), descrendo a situação de Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) da população do semiárido brasileiro relataram que pela renda per capita domiciliar, segundo critérios do PBF, 78 % das famílias pesquisadas se encontravam em situação de pobreza ou de extrema pobreza, inclusive com aproximadamente 22 % do total das famílias tendo exclusivamente os recursos do Programam Bolsa Família (PBF) como única fonte de renda. Informaram ainda que as famílias de baixa renda residentes no semiárido dependem fortemente de programas sociais para satisfação alimentar, sendo que para a melhoria das situações de SAN é imprescindível o aperfeiçoamento das políticas de transferência de renda, inclusive em conjunto com ações de promoção do desenvolvimento socioeconômico.

Já a pesquisa realizada pela Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional (PENSSAN) dá conta de que no semiárido brasileiro, atualmente, 47 % da população está em situação de fome. Aponta que foram registradas cerca de 3 milhões e 674 mil pessoas em situação de insegurança alimentar grave durante a pandemia (VIGISAN, 2021).

Que tecnologias seriam consideradas para o semiárido como atividades de produção sustentável? Tavares *et al.* (2020), comentam sobre as tecnologias de produção de baixa emissão de carbono, tais como:

- FBN - Fixação Biológica de Nitrogênio - Consiste no enriquecimento, com o uso de inoculantes, das sementes de gramíneas e de leguminosas com bactérias diazotróficas capazes de captar o nitrogênio atmosférico;
- ILPF / SAF - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta / Sistemas Agroflorestais como estratégia de produção que permite combinar e organizar diferentes componentes produtivos (agrícolas, pecuários e florestais) numa mesma área;
- rotação de culturas - prática mais importante no manejo agroecológico. Consiste na troca planejada de culturas em cada parte da terra. Pode ser realizada dentro de uma mesma parcela de terra, ou entre parcelas diferentes;
- consórcio de plantas - cultivo de duas ou mais culturas de diferentes portes em uma mesma área, de forma intercalada e simultânea. Por exemplo: milho, feijão, ervas medicinais e árvores frutíferas;
- biomineralização - Adição de minerais que são ricos em nutrientes ao solo, como, por exemplo, o pó de rocha;
- biofertilização - produção de adubos, de forma aeróbica ou anaeróbica, com a utilização de resíduos da propriedade (como esterco, leite, caldo de cana, restos de plantas, cinzas etc.). Podem ainda ser enriquecidos com pó de rocha, microrganismos específicos, entre outros;
- peletização de sementes - revestir a semente com substâncias que agreguem qualidades benéficas à própria semente e à vida da planta;
- barramento do solo - construção de colunas nos locais onde a água produz alguma erosão na terra, enfileirando pedras e/ou troncos de árvores. O cultivo de plantas com raízes profundas também é eficiente;
- rotação de pastagem - divisão do espaço em pequenas áreas, de modo que os animais façam um rodízio entre elas.

Esses são alguns exemplos de tecnologias que podem ser utilizadas e aproveitar as riquezas e possibilidade do Bioma Caatinga sem gerar grandes impactos negativos ao ambiente, inclusive por sua grande biodiversidade e áreas de alto valor estratégico para a conservação. Isto, em vez de problema, passa a ser um trunfo na arena da globalização – via atenção especial para as áreas mais vulneráveis às mudanças climáticas (TAVARES *et al.*, 2016). Acontece que, a despeito de sua notável variedade florística, incluindo florestas em montanhas (brejos de altitude), a

vegetação da maior parte do semiárido brasileiros mostra-se esparsa, espinhenta, com numerosas espécies xerófilas que exibem galhos calcinados pelos raios solares nas longas estações de estio. Apresenta aspecto de mato seco (“mata branca” – caatinga na língua dos índios). É esta imagem, no final das contas, que permanece: zona isomorfa de vegetação inóspita e requeimada (TAVARES *et al.*, 2016).

E por falar em altos índices de radiação solar incidente (“luminosidade excessiva”), por que não incluir como uma alternativa para o semiárido a produção de energia? Segundo Nobre *et al.* (2019), utilizando como fonte dados do IBGE, o Nordeste e o norte de Minas Gerais e do Espírito Santo) contam com 1.881.289 ha de áreas degradadas e 1.599.640 ha de pastagens plantadas degradadas. O potencial agregado de produção de energia fotovoltaica sobre essas as áreas no Nordeste ultrapassa dez vezes o consumo de energia elétrica nacional de 2015.

Nobre *et al.* (2019), enfatizam que um eventual programa de geração de energia fotovoltaica seria uma estratégia de redução da pobreza, de viabilização econômica de muitas famílias de pequenos agricultores na região; colocam como exemplo o de que um hectare de milho no semiárido gera uma produção, em um ano de chuvas regulares, que representa uma centésima parte do valor da energia elétrica gerada por esse mesmo um hectare. Há ainda a possibilidade de utilização dos painéis fotovoltaicos para a coleta de água de chuva, que seria armazenada em cisternas e barragens subterrâneas ou para o sombreamento destinado a atividades agropastoris. Concluem que o desenvolvimento de políticas públicas que se alicercem nas características nativas do clima semiárido representa um diferencial definitivo para a promoção do desenvolvimento econômico regional e a inclusão social.

Exemplo de ação que vem sendo executada no Sertão de Pernambuco, município de Ibimirim, é o projeto ‘Ecolume’ (LACERDA *et al.*, 2020) que desenvolve e avalia um conjunto de ações práticas sobre geração de energia fotovoltaica com a captação de águas pluviais, a reutilização de águas residuais e a produção de alimentos orgânicos ao longo do ano. A combinação de água da chuva coletada nas superfícies dos painéis solares e a reutilização de água cinza e preta, para irrigação de pomares e viveiros de mudas nativas, orienta um novo paradigma de desenvolvimento socioeconômico no semiárido, tornando esta ação um processo de adaptação eficaz às mudanças climáticas.

Alterações climáticas

À medida que as temperaturas globais aumentam, o vapor d'água se torna mais abundante numa proporção de 7 % para cada grau Celsius de aquecimento nos trópicos. Isso tem fortes implicações para o clima, pois o vapor d'água também causa efeito estufa. Os vários cenários de mudanças climáticas para o Brasil, em função dos diversos cenários de emissões de gases do efeito estufa (GEE, principalmente o dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, CO₂, CH₄ e N₂O, respectivamente), para os próximos 100 anos, indicam a possibilidade de impactos climáticos significativos. No cenário de crescimento das emissões dos gases de efeito estufa, os modelos climáticos computacionais sugerem que poderá ocorrer aquecimento de 4 a 6 graus Celsius em partes do país ao final desse século (NOBRE, 2001).

O gradual aquecimento da atmosfera implica na alteração de ciclos delicados do balanço climático aos quais as civilizações se desenvolveram ao longo de milênios. Tais ciclos incluem o desenvolvimento de processos de retroalimentação positiva, como por exemplo, a alteração do albedo planetário com o derretimento das geleiras continentais e da diminuição da cobertura do gelo marinho, os quais por sua vez, com a diminuição do albedo superficial, ocasionam maior absorção da radiação solar à superfície, que retroalimenta o aumento da temperatura do ar (PBMC, 2013).

O resultado mais visível de um planeta mais quente é um oceano também mais quente. Assim, o hemisfério norte mais aquecido tem favorecido a um posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (principal fenômeno meteorológico indutor de chuvas do semiárido nordestino) mais ao norte da sua posição média, podendo causar secas prolongadas por mais de dez anos consecutivos no semiárido do Nordeste do Brasil.

Os padrões climáticos atuais têm gerado extremos climáticos. No século XXI, a ocorrência de chuvas intensas, combinadas com surtos de tempestades, tem afetado várias áreas de cultivo. Pancadas de chuva podem gerar inundações instantâneas nas bacias hidrográficas. O fato é que escassez de chuva está ocorrendo, concomitantemente, com volume significativo de chuva, ano a ano, gerando enchentes e secas agrícolas, por anos consecutivos. Esta alteração, observada do ciclo hidrológico está intrinsecamente ligada às alterações dos padrões de chuva e temperatura (LACERDA *et al.*, 2015).

Os impactos significativos das mudanças climáticas exigem cortes substanciais e sustentados das emissões de gases de efeito estufa com vistas a combater as

causas do aquecimento global, mas também é essencial um novo paradigma energético e econômico que apoie o desenvolvimento de sociedades mais adaptadas ao clima. Ações estratégicas podem ser adotadas e ampliadas para o convívio com as consequências das mudanças climáticas em curso, como por exemplo, desenvolver programas de reflorestamento, envolvendo todos os biomas, da Caatinga à Mata Atlântica, nas áreas rurais e urbanas, não exclusivamente pelo valor das florestas nativas para a estabilidade do clima e da biodiversidade, como também, pelos serviços ambientais e econômicos que representam.

Os padrões climáticos atuais, já fora do padrão “normal”, têm causado secas severas com sérios impactos na segurança hídrica. Há impactos por todos os lados, afetando a vida dos animais, das populações e do meio ambiente, como um todo. Não menos importante é o efeito antrópico que tem transformado o ambiente de forma muito rápida, introduzindo quantidades significativas de carbono fóssil nos oceanos e nos biomas, consumindo enormes volumes de água por meio de vários processos. Os impactos da agricultura moderna têm alterado os ecossistemas com alto impacto na microbiota, aumentando potencialmente o risco de patógenos zoonóticos do ponto de vista da sua proliferação nos seres humanos.

Presente e futuro

É possível estabelecer uma grande mudança de paradigma do capitalismo de mercado para os bens comuns colaborativos? O modo de produção do sistema capitalista está dando à luz a uma economia mundial, moderna e sustentável, sem gerar impactos ambientais negativos? Embora a transformação para um novo sistema econômico seja sutil, a economia de compartilhamento dos bens comuns colaborativos está em ascensão e deverá se estabelecer até 2050 (RIFKIN, 2016). O modelo capitalista está, segundo Rifkin (2016), sob duas óticas - uma ligada a uma visão que rege a biosfera terrestre como uma externalidade da atividade econômica, ou seja, as teorias econômicas clássicas não reconhecem a primeira e a segunda lei da termodinâmica como regente da atividade econômica. Toda atividade econômica se dá do aproveitamento da energia disponível no sistema para transformá-la em produtos e serviços.

Os bens produzidos são consumidos, descartados e voltam à natureza, gerando aumento da entropia, não havendo um ganho de energia no processo só perdas. As consequências desse modelo de produção fizeram disparar o acúmulo de

gases efeito estufa na atmosfera, pela queima dos combustíveis fósseis, gerando mudanças climáticas e a destruição da biosfera terrestre. A segunda é tecnológica, combinação da internet das coisas com a Internet da energia renovável digitalizada. Em suma, o lucro das grandes corporações capitalistas está murchando lentamente a economia de mercado e dando lugar a uma nova economia baseada na abundância.

Usar menos recursos naturais, de forma mais eficiente e circular promovendo a transição para as energias renováveis, é característico de um novo paradigma econômico. Essa nova economia, a do compartilhamento dos bens comuns, é viável e possível de ser praticada? Compartilhar recursos comuns pode ser um modelo econômico capaz de viabilizar a mudança para o desenvolvimento de um modelo sustentável e próspero? Cabe a nós decidir se queremos que seja algo lento ou uma mudança rápida e duradoura.

Estamos vivendo as consequências de uma visão limitada e tacaña do ponto de vista ambiental e econômico. É preciso agir, estabelecer políticas que incentivem o uso de energias renováveis muito mais do que as que apliquem taxas sobre a queima de carbono. A mudança já está em curso! Temos ou não temos motivos para querer uma mudança radical?

Referências

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Agroecology and the emergence of a post COVID19 agriculture: rapid response opinion. **Agriculture and Human Values**, v.37, p. 525-526, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10460-020-10043-7.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2020.

BORSELLINO, V.; SCHIMMENTI, E.; EL BILALI, H. Agri-food markets towards sustainable patterns. **Sustainability**, v.12, n.6, p. 2193, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/IPA/Downloads/sustainability-12-02193-v3.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono)**. Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173p.

BRODT, S. *et al.* Sustainable Agriculture. **Nature Education Knowledge**, v.3, n.10, p1, 2011.

EVENSON, R. E., GOLLIN, D. Assessing the impact of the green revolution, 1960 to 2000. **Science**, v. 300, n.5620, p. 758–762, 2003.

FAN, S. Economics in food systems transformation. **Nat Food**, v.2, p.218–219, 2021. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s43016-021-00266-0.pdf>> Acesso em: 10 mar. 2021.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The Future of Food and Agriculture Trends and Challenges**. Rome: FAO, 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i6583e/i6583e.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

FAO. The state of food security and nutrition in the world 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ca9692en/online/ca9692en.html> . Acesso em: 10 mar. 2021.

GARNETT, T. Conference on ‘Future food and health’. Symposium I: Sustainability and food security. problems, perspectives, and solutions. King’s College Conference Centre, University of Aberdeen on 26–27 March 2012. Food Climate Research Network, Environmental Change Institute, University of Oxford, Oxford, UK **Proceedings of the Nutrition Society**, n. 72, p. 29–39, 2013.

GUNASEKERA, D. Cut food waste to help feed world. **Nature**, v. 524, p. 415, 2014 - Disponível em: < <https://www.nature.com/articles/524415a.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

HANNING, I. B. *et al.* Food Safety and Food Security. **Nature Education Knowledge**, v. 3, n. 10, p .9, 2012. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890016>>. Acesso em: 10 dez. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 15 abr.2020.

IPCC - PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (Rio de Janeiro). **Contribuição do grupo de trabalho 2: primeiro relatório de avaliação nacional; sumário executivo do GT2**. Rio de Janeiro: PBMC, 2013. 28p.

KUHLEMANN K (2018) ‘Any size population will do?’: The fallacy of aiming for stabilization of human numbers. *The Ecological Citizen* 1: 181–9.

LACERDA, F. F. *et al.* O Projeto Ecolume: O paradigma da abundância na convivência com o clima semiárido no Nordeste brasileiro. *Revista Fitos.*, v. 14, n. 2, p. 207-221,

2020. Disponível em: <<https://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/941/672>>. Acesso em: 15 abr. 2020.

LACERDA, F. F. *et al.* Long-term Temperature and Rainfall Trends over Northeast Brazil and Cape Verde. **Journal Earth Science Climate Change**, v 6., n. 8, p.1000296, 2015.

LE MOUËL, C.; FORSLUND, A. How can we feed the world in 2050? A review of the responses from global scenario studies. **European Review of Agricultural Economics**, v. 44, n. 4, p. 541–591, 2017.

LIMA, R. C. A.; HARFUCH, L.; PALAURO G. R. Plano ABC: **Evidências do período 2010-2020 e propostas para uma nova fase 2021-2030**. (São Paulo: Agroicone, 2020. 144p. Disponível em:<<http://www.agroicone.com.br/wp-content/uploads/2020/10/Agroicone-Estudo-Plano-ABC-2020.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2020.

MANZATTO, C. V. *et al.* **Mitigação das emissões de gases de efeitos estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC**: estimativas parciais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 35p. 2020.

MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **PROJEÇÕES DO AGRONEGÓCIO. Brasil 2019/20 a 2029/30. Projeções de Longo Prazo**. Brasília: 2020. Disponível em:<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio_2019_20-a-2029_30.pdf/view>. Acesso em: 10 mar. 2021.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Parcerias Estratégicas**, v. 6, n.12, p. 239-258. 2001. Disponível em:<<file:///C:/Users/IPA/Downloads/186-731-1-PB.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2001.

NOBRE, P. *et al.* O paradigma da abundância para o desenvolvimento sustentável do Nordeste semiárido: uma análise ex ante do papel da geração fotovoltaica distribuída. *In*: MATA, D.; FREITAS, E.R.; RESENDE, M.G. **Avaliação de políticas públicas no Brasil: uma análise do semiárido** - Brasília: Ipea, v. 4, p. 107–142. 2019.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (Rio de Janeiro). **Contribuição do grupo de trabalho 2**: primeiro relatório de avaliação nacional; sumário executivo

do GT2. Rio de Janeiro: PBMC, 2013. 28p.

REDE BRASILEIRA DE PESQUISA EM SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL (Brasília, DF). **VIGISAN inquérito nacional sobre insegurança alimentar no contexto da pandemia da covid-19 no Brasil**. Brasília: Rede PENSSAN, 2021. 66p. Disponível em: <http://olheparaafome.com.br/VIGISAN_Inseguranca_alimentar.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

RIBEIRO, H.; JAIME, P. C.; VENTURA, D. Dilemas ambientais e fronteiras do conhecimento II: Alimentação e sustentabilidade Estud. av. v. 31, n. 89, p. 185–198, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/GVx4jkfxwP7kCYFpZwVbpSf/?lang=pt>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

RIFKIN, J. **Sociedade com custo marginal zero**. 2 Ed. São Paulo: M. Books, 400p. 2016.

SILVA, G. **Feeding the world in 2050 and beyond**: part 1: productivity challenges increasing productivity is a more sustainable approach to feeding the global population in 2050. Michigan: Michigan State University Extension, 2018. Disponível em: <https://www.canr.msu.edu/news/feeding-the-world-in-2050-and-beyond-part-1>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SILVA, J. S.; PINHEIRO, L. I. F. Y.; FERRAZ, M. I. F. “Probabilidade de insegurança alimentar por fatores socioeconômicos no Semiárido brasileiro”. **Revista OIDLES**, v. 14, n. 28, p. 97–111, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11763/oidles28semiarido-brasileiro>. Acesso em: 10 fev. 2020.

TAMBURINO, L. *et al.* From population to production: 50 years of scientific literature on how to feed the world. **Global Food Security**, v. 24, p. 100346, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100346> Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912419301798>>. Acesso em: 20 set. 2020.

TAVARES, B. G.; GUIMARÃES, G. P.; ANTUNES, V. Z. Tecnologias Agrícolas de Baixa Emissão de Carbono no Brasil e no Bioma Caatinga. Relatório Técnico. Projeto

Rural Sustentável Caatinga (PRS Caatinga). Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), 151p. 2020.

TAVARES, C. A. *et al.* **Educação para o desenvolvimento local sustentável.** Cadernos do Semiárido: riquezas & oportunidades / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco, v. 8, n. 8, p. 19–83, 2016.

UNITED NATIONS (New York). **Sustainable development goals:** sustainable development goals kick off with start of new year. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/goals>>. Acesso em: 23 abr. 2021.

UNITED NATIONS (New York). **The millennium development goals report.** New York, 2015. 75p. Disponível em: <[https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%201\).pdf](https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%201).pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2021.

WILLETT, W. *et al.* (ou descreve todos autores ou simplifica. Tem que padronizar, ou um ou outro). Food in the anthropocene: the EAT-lancet commission on healthy diets from sustainable food systems. **The Lancet**, v. 393, p. 447–492, 2019.

Capítulo 2

AGRICULTURA DE BAIXO CARBONO

Erinaldo Viana de Freitas
Gabriel Alves Maciel
Eric Xavier de Carvalho

Introdução

O progressivo aumento da população nacional e mundial gera proporcionalmente uma maior demanda por alimentos para atender às necessidades de consumo desses contingentes populacionais, bem como pelo desenvolvimento de sistemas agropecuários mais produtivos e sustentáveis. No Brasil, independentemente do bioma explorado, os sistemas de produção agropecuários praticados, carecem de um conjunto de inovações tecnológicas focado numa produção sustentável de alimentos, frente aos impactos das mudanças climáticas e seus efeitos na emissão de gases de efeito estufa (GEE), de modo a promover ganhos de produtividade, agregar valor aos produtos de origem vegetal e animal, aumentando a competitividade e a lucratividade principalmente, na agropecuária do Nordeste brasileiro pela função social e econômica que representam para região.

Segundo Gurgel e Laurezana (2016), a agricultura de baixa emissão de carbono é aquela capaz de reduzir as emissões dos GEE decorrentes das atividades agropecuárias. Para esses autores, a agricultura de baixa emissão de carbono no Brasil ganhou foco a partir do início das negociações globais a respeito do tema, quando o Brasil foi o primeiro signatário entre os 150 países participantes, ao assinar voluntariamente a Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) ou (UNFCCC) em inglês.

A pecuária é uma atividade duramente criticada por emitir grandes quantidades de GEE provenientes da fermentação entérica e da utilização de fertilizantes nitrogenados. As emissões globais de gás metano (CH₄) de origem entérica em 2010 atingiram valores médios de 2,1 Gt CO₂eq, sendo 75 % desse total atribuído aos sistemas de produção praticados na Ásia e nas Américas, enquanto, as emissões oriundas da agricultura, principalmente pela emissão de óxido nitroso, foram estimadas em 5,8 Gt CO₂eq (IPCC, 2014).

Segundo o IPCC (2007), a maioria das pastagens brasileiras apresenta algum estágio de degradação, comprometendo a produtividade animal e incrementando a emissão de GEE por quilo de carne produzido. O total das emissões brasileiras de CH₄ pela pecuária em 2010 foi estimado em 11.873 Gg de CH₄, sendo desse total 11.265 Gg de CH₄ atribuídos à fermentação entérica e 608 Gg de CH₄ à produção de dejetos animais (BRASIL, 2015), além disso, tem crescido o interesse de entidades governamentais e não governamentais e da sociedade para o governo delinear estratégias que reduzam as emissões dos GEE, especialmente da pecuária, o que contribuiu para o País assumir o compromisso de reduzir as emissões do setor agropecuário em 43 % até 2030 e priorizar ganhos de produtividade e sustentabilidade aos sistemas produtivos (MOMBAC *et al.*, 2016).

Durante as discussões da ECO Rio 92, foi acordado entre os países agregar aos sistemas produtivos os componentes econômicos, ambientais e sociais para garantir o desenvolvimento sustentável (CONFERÊNCIA, 2012). Desse modo, este capítulo tem por objetivos contextualizar e abordar como as mudanças do clima impactam negativamente os ecossistemas produtivos, apresentar inovações tecnológicas para consolidar uma economia de baixa emissão de carbono e contribuir para o desenvolvimento sustentável do setor rural em Pernambuco.

Desafios e oportunidades da agricultura de baixo carbono no Brasil

Considerando que o Brasil é um grande detentor de commodities com destaque nas exportações de produtos de origem vegetal e animal, isso somado ao novo perfil dos consumidores cada vez mais exigentes, cresce a demanda por alimentos saudáveis que atendam suas exigências e necessidades de consumo e que sejam produzidos segundo padrões de sustentabilidade, além de outros produtos, como por exemplo, a prestação de serviços ambientais pelos agropecuaristas.

Nesse contexto, o país tem como principal desafio fortalecer a agropecuária, focando a baixa emissão de carbono, o que se justifica por duas razões: a primeira, pela necessidade de reduzir as contribuições que essa atividade representa para as emissões de GEE e a segunda, os impactos negativos que esses gases provocam sobre os sistemas de produção agropecuários brasileiros. Outros desafios são: potencializar as exportações de produtos de origem vegetal e animal; zerar o desmatamento ilegal; atender os novos padrões de produção x padrões de consumo e atender as exigências de segurança alimentar e nutricional; fazer uso sustentável

dos recursos naturais, como o solo e água, incentivando o pagamento por serviços ambientais, o crédito de carbono e outros.

É importante ressaltar que, geralmente os desafios e crises sempre geram oportunidades, sendo possível destacar no presente contexto: a mitigação dos efeitos negativos da emissão de GEE frente às mudanças climáticas com base no estoque de tecnologias para condições tropicais e subtropicais, da melhor compreensão dos fluxos e estoques de carbono e nitrogênio no solo e seus impactos nos sistemas de produção agropecuários; apoio governamental e adoção por parte dos agropecuaristas de sistemas sustentáveis de produção vegetal e animal como, por exemplo, recuperação de áreas de pastagens degradadas; integração lavoura – pecuária – floresta e agroflorestas; plantio direto, fixação biológica do nitrogênio; florestas plantadas, o tratamento de dejetos de animais e, adaptação às mudanças climáticas.

É preciso também encarar como oportunidade, o processo de adaptação e redução de vulnerabilidade imposto aos diferentes ecossistemas explorados, a exemplo daqueles relativos as culturas cerealíferas e/ou graníferas, de plantas forrageiras e pastagens, em cujas situações o melhoramento genético vegetal convencional deverá se apoiar nas novas ferramentas biotecnológicas como genômica, biologia e caracterização molecular, análise de DNA, RNA, transgenia, marcadores moleculares, todas capazes de auxiliarem na eficácia e rapidez para identificação de genes que possam conferir resistência à seca, à salinidade, tolerância às pragas e doenças, produtividade e qualidade superior dos produtos de interesse de melhoristas de plantas, de animais e dos consumidores. Além desses, o governo brasileiro vem se posicionando com a visão de que os países têm responsabilidades comuns, porém, diferenciadas segundo a situação de suas economias e que o combate ao aquecimento global é compatível com o crescimento sustentável e com o combate à fome e a pobreza (BRASIL, 2012).

Vale ressaltar que, o processo de descarbonização da agropecuária brasileira e pernambucana passa necessariamente pela compreensão de conhecimentos científicos e a geração de aporte tecnológico sobre a dinâmica dos fluxos e estoques de carbono e nitrogênio no solo em cada sistema produtivo, conforme destacados no tópico a seguir.

Estoques de carbono e nitrogênio no solo

Na fotossíntese os vegetais utilizam a energia solar, CO₂ atmosférico, água e os nutrientes da solução do solo, sendo responsáveis pela adição de compostos orgânicos primários ao solo. Segundo Vezzani (2001), os microrganismos heterotróficos com a decomposição dos resíduos vegetais ou serapilheira e da Matéria Orgânica do Solo (MOS) obtêm a energia que precisam para o seu desenvolvimento, liberando CO₂ para atmosfera, nutrientes e outros compostos orgânicos secundários advindos do metabolismo microbiano que passam a compor a MOS.

O carbono (C) e o nitrogênio (N) são os principais constituintes da MOS e alguns fatores controlam a magnitude e velocidade com que as mudanças se processam no seu conteúdo e qualidade (CARDOSO *et al.*, 2017). Os estoques de MOS são importantes fontes de nutrientes, formação de agregados do solo e fluxo de GEE entre o solo e a atmosfera (LEITE *et al.*, 2003). A dinâmica do N no solo é estreitamente associada a dinâmica do C, mudando apenas os mecanismos de adição e perdas desses elementos nos sistemas produtivos (BAYER *et al.*, 2000).

Os solos degradados pelos cultivos e aqueles com teores baixos de C, geralmente estão associados a deficiência de N, em especial no monocultivo de gramíneas. A inclusão de leguminosas em sistemas de rotação de culturas e a adubação nitrogenada são práticas eficientes para incrementar os estoques de C e de N dos solos, melhorando a produtividade das culturas e do próprio solo (TEIXEIRA *et al.*, 1994; VEZZANI, 2001). O uso de leguminosas, combinado com maior diversidade de espécies em sucessão ou rotação de culturas, aumenta significativamente a retenção de C e N no solo, proporcionando equilíbrio no balanço desses elementos, resultando em menor custo financeiro e energético da produção de alimentos pelo menor uso de fertilizantes nitrogenados (AMADO *et al.*, 2001). Segundo IPCC – SAR (1995), os fertilizantes nitrogenados químicos são emissores do óxido nitroso (N₂O), um GEE com potencial de aquecimento global, 310 vezes superior ao do CO₂.

A forma de uso e o manejo do solo para fins agrícolas interferem na adição de (C – Resíduo), uma vez que cada sistema de produção tem sua capacidade de adicionar serapilheira ao solo. Segundo Lovato *et al.* (2004), sistemas em pousio, culturas de baixa produtividade, queima ou remoção de resíduos culturais fornecem baixo aporte anual de C – Resíduo ao solo, ocorrendo o oposto nos sistemas intensivos, que utilizam culturas altamente produtivas com maior retorno de serapilheira ao solo. Assim, dependendo da magnitude do fluxo de carbono propiciado pelos sistemas de produção e as culturas, haverá maior ou menor atividade biológica,

formação de compostos orgânicos secundários e agregados de solo, além de ocorrer outras propriedades emergentes do solo.

As propriedades emergentes do ciclo do C no solo são função de: teor de MOS; agregação; porosidade; infiltração e retenção de água; aeração; CTC; balanço de N e outras (VAN BREEMER, 1993; VEZZANI, 2001). Outro ponto se refere a qualidade da serapilheira, pois quanto maior a relação C:N melhor a qualidade da mesma, ou seja, a microbiota do solo será mais eficiente na mineralização, aumentando os estoques de C e N do solo. Assim, a compreensão do potencial de retenção de C no solo é fundamental para se desenvolver formas de manejo eficazes para redução das concentrações de CO₂ na atmosfera (FU *et al.*, 2010).

O carbono fotossintetizado é aquele adicionado ao solo a partir da serapilheira, exsudados radiculares e raízes, sendo chamado de C – Resíduo, quando é proveniente das emissões de carbono na forma de dióxido de carbono (CO₂), denomina-se de carbono atmosférico (C – CO₂), enquanto o carbono mineralizado a partir da serapilheira é dito carbono orgânico do solo (C– solo), o qual passa a compor o estoque de C – Solo e todos participam do fluxo e ciclo deste elemento no sistema solo – planta – atmosfera. As práticas de manejo de solo em cada componente, isoladamente e suas interações, ainda carecem de melhor compreensão, visando potencializar o estoque de carbono no solo e contribuir para a mitigação do aquecimento global. O balanço do estoque de C – Solo, é obtido pela relação entre as adições do C – Resíduo e as perdas devido a oxidação do C – CO₂.

Sistemas agropecuários que propiciam elevada deposição de serapilheira e a retenção de C no solo constituem alternativas de manejo em que, o solo pode atuar como dreno do carbono atmosférico, uma vez que o carbono fotossintetizado é potencializado e a oxidação do carbono atmosférico é menor, elevando o estoque de carbônico orgânico do solo e contribuindo com o processo de mitigação do aquecimento global (AMADO *et al.*, 2001; BAYER *et al.*, 2006). No contexto das mudanças climáticas globais, os solos e suas formas de uso estão em perfeita sinergia, especialmente quando se destinam a agricultura (COSTA *et al.*, 2008). Dependendo do tipo de manejo que for adotado, os solos agrícolas ora atuarão como dreno e ora como fonte de gases de efeito estufa GEE (IPCC, 2001).

Numa área em avançado grau de degradação física do solo em Eldorado, RS, foi avaliado o estoque de C do solo, submetido aos sistemas de Preparo Convencional (PC) e Plantio Direto (PD), associados as sucessões de aveia/milho (A/M) e ervilhaca

comum/milho (E/M) e duas doses de nitrogênio na cultura do milho (COSTA *et al.*, 2008). Os autores observaram que a adição diferenciada de serapilheira ao solo, durante os 18 anos de condução do experimento, afetou os estoques de C do solo, os quais variaram de 27,8 t ha⁻¹ (PC A/M) a 36,1 t ha⁻¹ (PD E/M) e independente da combinação de culturas, no PC da área, o balanço de C do solo foi negativo (-0,31 t ha⁻¹ ano⁻¹ no A/M e -0,10 t ha⁻¹ ano⁻¹ no E/M), evidenciando que o solo cultivado neste sistema de preparo atuou como uma fonte de C – CO₂ para a atmosfera. Enquanto, a área do PD, o solo apresentou influxo líquido de C – Solo (0,15 t ha⁻¹ ano⁻¹) somente no sistema E/M, que apresentou maior adição de serapilheira ao solo, principalmente pela cultura do milho em sucessão, corroborando com os relatos de Amado *et al.* (2001) e Bayer *et al.* (2006).

Avaliando os estoques de C e N do solo, em função do uso agrícola e da antropização da Caatinga em Irecê – BA, Moreira (2013) observou variações significativas (P < 0,01) nos estoques de C entre as áreas de Caatinga pastejada (45,05c Mg ha⁻¹), Caatinga nativa (54,06a Mg ha⁻¹) e mamona/pastagem (52,82b Mg ha⁻¹), enquanto para o N-total, o maior acúmulo foi observado nas camadas mais profundas e não houve variação nos estoques entre os sistemas de manejo da vegetação. Nessa mesma área após 10 anos de avaliação a adição constante de resíduos vegetais na Caatinga promoveu a manutenção dos estoques de C (90 Mg ha⁻¹) e N (10 Mg ha⁻¹) para a camada de 0-30 cm (FRACETTO *et al.*, 2012). No entanto, os autores relatam que a mudança de uso da terra para o cultivo da mamona ocasionou redução em cerca de 50 % nos estoques de C e N do solo em relação à vegetação nativa, o que pode estar associado às elevadas temperaturas que afetam a mineralização da MOS.

É importante esclarecer que a consolidação de resultados sobre o estoque de C do solo requer estudos de longo prazo. Segundo Costa *et al.* (2008), no sistema A/M, em que a adição de serapilheira foi menor, o solo em PD também atuou como fonte de C – CO₂ para a atmosfera numa taxa de 0,12 t ha⁻¹ ano⁻¹. Esse fato resultou da baixa capacidade de aporte de C – Resíduo do sistema A/M, cuja adição anual foi inferior a necessidade do sistema de PD para contrabalancear a mineralização dessa serapilheira pela microbiota do solo, ocorrendo diminuição do estoque de C do solo ao longo do tempo mesmo cultivado em PD.

Outros estudos nesta mesma área experimental evidenciaram a necessidade de ocorrer uma deposição de serapilheira de 13 e 21 t ha⁻¹ de matéria seca (MS) no

PD e PC, respectivamente, para manter o estoque inicial de C do solo (ZANATTA *et al.*, 2007). Num sistema silvipastoril na Zona da Mata Norte de Pernambuco foram encontrados no consórcio de *Brachiaria decumbens* e *Gliricidia sepium* 45 Mg ha⁻¹ de C e 6,4 Mg ha⁻¹ de N armazenado no solo após quatro anos de estabelecimento (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2020).

Todos esses resultados evidenciam que manejar o sistema solo – planta – atmosfera não é tarefa fácil, devendo a ênfase ser dada a tecnologias de produção que propiciem elevados aportes de serapilheira aos longos dos anos para se potencializar a retenção de C e N no solo a partir da adoção pelos agropecuaristas dos sistemas integrados de produção agropecuários como fatores de mitigação dos impactos das mudanças climáticas, manter a produtividade e sustentabilidade dos ecossistemas produtivos para propiciar o desenvolvimento de uma agricultura de baixa emissão de carbono.

O Plano ABC no Brasil e em Pernambuco

O modo de exploração pelo homem quer na produção de alimentos, na geração e uso de energias, de bens e serviços, além de outros fatores têm contribuído significativamente, com a degradação dos recursos naturais, o aquecimento da terra e as mudanças climáticas em curso no planeta. Diante desse cenário, o “Estado da Arte” do Plano ABC brasileiro ancorado nas questões das mudanças climáticas globais foi oficializado em outubro de 2013, por meio da Portaria Interministerial nº 984/2013 (BRASIL, 2013). Nesse sentido, mundialmente alguns passos importantes foram dados, a exemplo do que ocorreu durante a 15^a – Reunião das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP – 15), em Copenhague, 2009 – Dinamarca, na qual foi ratificado o Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas.

Para o alcance dos compromissos da COP – 15 foi proposto pelo Brasil ações como: medidas para enfrentar às mudanças climáticas; reduzir em 80 % e 40 %, respectivamente as taxas de desmatamento da Amazônia e Cerrado; na agricultura, incentivar a adoção de sistemas produtivos de baixa emissão de carbono, como recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura – pecuária – floresta (ILPF) e agroflorestas; sistema de plantio direto (SPD); fixação biológica de nitrogênio (FBN), florestas plantadas, tratamento de dejetos animais e adaptação às mudanças climáticas e, na área de energia, diversificar a matriz energética brasileira a partir de biocombustíveis, principalmente o etanol da cana-de-açúcar e o biodiesel, energia

eólica, novas hidrelétricas, fontes alternativas de biomassa e na siderurgia, plantar florestas para produzir carvão.

Ainda na COP – 15, o governo brasileiro instituiu a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC), Lei nº 12.187/2009 e assumiu de forma voluntária, tomando por base as emissões brasileiras projetadas até 2020, o compromisso de adoção de ações de mitigação para reduzir as emissões de GEE. Nesse sentido, foi publicado o Decreto nº 7.390/2010 regulamentando a PNMC que tem por fim organizar o planejamento das ações para a adoção de tecnologias de produção sustentáveis em resposta aos compromissos de redução de emissão de GEE no setor agropecuário.

É importante destacar que, posteriormente, o acordo de Paris sofreu duas revisões, a primeira durante a COP – 21, também em Paris/França, 2015, na qual o acordo passou a substituir o Protocolo de Kyoto e a segunda na COP – 22, em Marraquexe, 2016 – Marrocos, quando o Brasil ratificou seu compromisso junto a iNDC (Intended Nationally Determined Contributions), objetivando a redução das emissões de GEE em 37 % abaixo dos níveis de 2005, com prazo até 2025 e redução das emissões de GEE em 43 % abaixo dos níveis de 2005, com prazo até 2030, pela adoção de ações como desmatamento ilegal zero na Amazônia. Desta forma, o Plano ABC se consolida como uma política pública nacional, o qual é fruto do trabalho coordenado pela Casa Civil da Presidência da República, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) com a participação de mais de 30 instituições governamentais, não governamentais, iniciativa privada e foi constituído por sete grandes programas no seu primeiro decênio de sua execução.

O acesso ao crédito por parte do produtor parece continuar sendo uma dificuldade, o que historicamente ocorre em maior ou menor grau dependendo do perfil do produtor e da região onde se desenvolva as atividades agropecuárias. No caso do Nordeste brasileiro, há o predomínio de pequenos produtores, descapitalizados para suportar investimentos no médio e longo prazo, dificuldade de adesão ao associativismo/cooperativismo e uma infraestrutura fundiária diferenciada quando comparada ao Centro – Oeste e Sudeste do Brasil.

Vale ressaltar que, na prática, quando da tomada de crédito pelos agropecuaristas, os agentes financeiros exigem projetos bem elaborados, georreferenciamento e cadastramento ambiental rural da área a ser financiada, além

da apresentação, embora que, não restrita ao Plano ABC, da apresentação de documentos do imóvel rural. Tudo isso contribuiu para gerar a falta de equidade na tomada de empréstimo pelos produtores, independentemente do estado e regiões da federação, embora todos tenham capacidade de inserção as tecnologias para desenvolver uma agropecuária de baixa emissão de carbono.

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o Banco do Brasil e o Banco de Brasília S.A. são os agentes financeiros credenciados para o Programa ABC, que tem como beneficiários produtores rurais, pessoas físicas ou jurídicas e suas cooperativas, com prazos de financiamento variando de 5 a 15 anos e 2 a 8 anos de carência. Nos Planos Safras: 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015, o Programa ABC financiou 43,3 mil contratos no valor de R\$ 11,4 milhões, para investimentos distribuídos nas várias linhas de ações do Plano ABC, ou seja, o valor médio por Plano Safra foi de 2,85 milhões, o qual foi bastante considerável. No entanto, o Plano Safra 2019/2020 disponibilizou R\$ 53,41 bilhões de reais para investimentos, sendo o Programa ABC contemplado com aporte de recursos de 2.096 milhões, prazo de 12 anos, com carência máxima de 8 anos e taxas de juros de 5,25 % a.a para a linha do ABC ambiental e 7,0 % a.a na linha de Áreas de Preservação Permanente (APP), ocorrendo uma considerável redução, provavelmente reflexo da pandemia do Coronavírus.

É importante reforçar que esses sistemas integrados de produção carecem de recursos humanos especializados em todos os níveis, como na elaboração de projetos, de capacitação do produtor para conceber o embasamento técnico e filosófico para execução do projeto, além de assistência técnica para qualificar e potencializar o crédito, de gestão para agregar valor e inserir os produtos de origem vegetal, animal nos mercados globalizados e quando possível, remunerar os agropecuaristas, como por exemplo, pela prestação de serviços ambientais e por créditos de carbono.

O Plano ABC de Pernambuco foi instituído pelo Decreto Nº 45165 de 25/10/2017 que, tomou por base o que dispõe os incisos II e IV do artigo 37 da Constituição Estadual do governo de Pernambuco, tendo em vista a Portaria Interministerial nº 984/2013, cujo arcabouço está bem apresentado no capítulo anterior. O referido plano contempla ações de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura – Agricultura de Baixo Carbono – Plano ABC Pernambuco.

O Plano ABC brasileiro e pernambucano é consonante e foram instituídos, respectivamente pelos Governos do Brasil e de Pernambuco, os quais têm em comum planejar e apoiar ações de adoção pelos agropecuaristas, de tecnologias de baixo potencial de emissão de GEE, objetivando consolidar uma economia de baixa emissão de carbono na agropecuária no Brasil e, de Pernambuco. É importante destacar que, apesar dos entraves de governança ocorridos no primeiro decênio, como alguns relatados no presente capítulo, além de outros destacados pelos autores do capítulo anterior, o ABC nacional se tornou numa referência mundial de política pública para o setor agropecuário, cujo plano operacional está em processo de revisão para o decênio 2020 a 2030, com a denominação de ABC+ que, incorpora ao grande pilar da sustentabilidade uma nova base conceitual, a exemplo da AIP – Abordagem Integrada de Paisagem e ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, com foco na resiliência, rentabilidade e competitividade dos sistemas produtivos.

Na AIP se leva em conta o uso eficiente da área com base em sua aptidão para fins agropecuários, a regularização ambiental e a preservação em respeito ao código florestal. Enquanto, no contexto da resiliência, independentemente do bioma a atenção deve ser dada, a combinação dos fatores adaptativos de plantas e animais e, de mitigação dos GEE, na busca da eficiência produtiva, além de ganhos na rentabilidade para o produtor, como formas de se reduzir as fragilidades impostas aos sistemas produtivos, especialmente praticados em ambientes semiáridos, severamente impactados pelas mudanças do clima no Semiárido do Nordeste brasileiro.

Programa de recuperação de áreas de pastagens degradadas

O Programa ABC foi criado para operacionalizar e disponibilizar financiamento às ações elencadas no Plano ABC, visando incentivar a adoção de técnicas agrícolas sustentáveis que contribuam para a redução das emissões GEE e para preservação dos recursos naturais, do meio ambiente e da sustentabilidade da produção agropecuária. É importante dizer que a recuperação de áreas com pastagens degradadas é parte desse conjunto de tecnologias que compõe os Sistemas Integrados de Produção Agropecuários (SIPA) também denominados de: Sistemas Integrados de Produção (SIP); Sistemas de Integração Lavoura e Pecuária (ILP); Sistemas Integrados de Pecuária e Floresta (IPF); Integrados de Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF) que apresentam potencial de mitigação dos efeitos advindos das

mudanças climáticas no contexto de uma economia de baixa emissão de carbono no setor agropecuário, sendo todos fundamentados em princípios agroecológicos.

Além de prejuízos em produtividade e resiliência das espécies forrageiras, a degradação de pastagens resulta em perda de cobertura vegetal e dos teores de matéria orgânica no solo, o que leva ao aumento da emissão de CO₂ para a atmosfera, principal gás de efeito estufa. A recuperação de áreas com pastagens degradadas tem como principais objetivos: restabelecer a capacidade produtiva das pastagens; conservar o solo e os mananciais hídricos; contribuir com o aumento do teor de matéria orgânica do solo, favorecendo o desenvolvimento da microbiota, a reciclagem de nutrientes e a fertilidade natural dos solos e contribuir com o aumento da produtividade da terra e, a lucratividade dos agropecuaristas.

A pecuária brasileira se alicerça na utilização de plantas forrageiras e pastagens. As áreas de pastagens no Brasil correspondem a 158,8 milhões de hectares, dos quais 111,8 milhões são cultivadas e 46,6 milhões são de pastagens naturais (IBGE, 2017). Esses dados merecem duas reflexões. A primeira, que as pastagens naturais, independente do bioma, ainda são importantes, sendo a outra que, grande parte dessas áreas de pastagens encontra-se degradada ou em processo de degradação. As áreas de pastagens cultivadas no Brasil Central ocupam 50 a 60 milhões de hectares dos quais 80 % apresenta algum grau de degradação (CARVALHO *et al.*, 2017).

A degradação de pastagens naturais ou cultivadas se caracteriza pela perda de produtividade e qualidade da forragem produzida, o que decorre principalmente do declínio da fertilidade natural dos solos, da falta de adubação de reposição e da prática de superpastejo. Nesse contexto, políticas de fomento de sistemas agroflorestais, agropastoris ou agrossilvipastoris voltados para a recuperação de áreas degradadas ou em processo de degradação serão fundamentais (BRASIL, 1991). Pastagens em moderado grau de degradação pode ser recuperada de forma econômica pela técnica de consorciação com outras culturas (RIBEIRO *et al.*, 2007; AGUIRRE *et al.*, 2014). Enquanto áreas de pastagens em avançado grau de degradação, a adoção de Sistemas Silvipastoril (SSP) tem sido recomendada e propiciado resultados satisfatórios (NARANJO *et al.*, 2012).

Os SSPs se caracterizam pelo plantio de árvores, as quais favorecem a recuperação de pastagens degradadas, pelo microclima criado, favorecendo o desenvolvimento das plantas forrageiras, a proteção ao solo da erosão, pelo menor

impacto da água das chuvas e o sistema radicular profundo e denso que reduzem a lixiviação e o arraste de nutrientes na superfície do solo, o que favorece a absorção dos nutrientes pelas plantas e, melhorando as características físicas e químicas dos solos (CASTRO *et al.*, 2008).

Avaliando durante 10 anos sistemas de ILP no bioma Pampa foi observado melhoria nas características físicas do solo, a exemplo do aumento da macroporosidade e menor densidade pelo efeito do animal em pastejo (CARVALHO *et al.*, 2016). É importante ressaltar que o acervo de tecnologias, a partir da ILP, é bastante sólido e poderá ser adotado por agricultores ou pecuaristas na recuperação de pastagens degradadas em qualquer um dos biomas brasileiros. No entanto, essa recomendação ainda não é possível para os sistemas de iLPF, cujo acervo de conhecimentos é incipiente e insuficiente, requerendo estudos e respostas de longo prazo. As metas do programa previam a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas e mitigação de 83 a 104 milhões de t CO₂eq. Os resultados obtidos entre 2010 a 2018 atingiram a recuperação de 4,46 milhões de hectares de pastagens degradadas e a mitigação de 16,9 milhões t CO₂eq correspondendo, respectivamente a 30 % e 18 % das referidas metas.

Programa de Sistemas de Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) e de Sistemas Agroflorestais (SAFs)

A ILPF constitui uma estratégia de produção agropecuária que explora dentro da mesma área e ao mesmo tempo diferentes sistemas de produção como, agrícola, pecuário e florestal. Enquanto, os SAFs combinam espécies florestais com lavouras tradicionais. Esses sistemas podem ser adotados por agropecuaristas com perfil de pequeno, médio e grande porte, utilizando diferentes arranjos produtivos, a exemplo dos consorciados, em rotação ou sucessão de culturas, de modo que os componentes interajam entre si e ocorra o retorno dos benefícios esperados. Nesses sistemas produtivos, além dos benefícios ecológicos, as técnicas utilizadas geram retorno financeiro pelos ganhos de produtividade da terra e pela exploração de outros produtos, como frutos e madeira diversificando as atividades agropecuárias.

No entanto, é necessário se adequar às culturas e as espécies de animais, às características regionais, às condições climáticas, ao mercado local e ao perfil de cada produtor. Os principais arranjos são: I) – agropastoril que integra em rotação, consórcio ou sucessão de lavouras e pecuária (ILP); II) – silviagrícola que integra em

consórcio, lavouras e florestas (ILF); III) – silvipastoril que integra em consórcio, atividade pecuária e florestas (IPF); IV) – agrossilvipastoril, integrando lavouras, pecuária e florestas (ILPF), sendo as lavouras cultivadas na fase de estabelecimento das espécies florestais ou ao longo de todo sistema. Esses agrossistemas constituem estratégias de produção sustentável nos quais ocorrem efeitos sinérgicos entre os seus componentes (BALBINO *et al.*, 2011; FRANÇA; SILVA, 2017).

É importante dizer que todos esses arranjos produtivos são mais complexos frente aos sistemas tradicionais. No entanto, os benefícios são compensadores, a exemplo do que ocorre no arranjo silvipastoril, a saber: potencializar o uso da terra; ciclagem de nutrientes, conforto térmico e melhoria na qualidade da dieta dos animais, quando as essências florestais se destinam a produção de forragem. A complexidade está no entendimento que o agropecuarista deverá ter para manejar o sistema considerando a importância isoladamente das árvores, do gado e da pastagem, bem como de suas interações. Já num sistema silviagrícola o uso da agricultura para o estabelecimento das árvores pode reduzir bastante os custos de implantação.

O programa assumiu como metas a adoção de 4 milhões de hectares com as tecnologias de ILPF e mitigação de 18 a 22 milhões t CO₂eq. Os resultados alcançados no período de 2010 a 2016, foram a conversão de 5,83 milhões de hectares com ILPF e mitigados 22,11 milhões t CO₂eq correspondendo, respectivamente, a 146 % e 111 % das metas assumidas. Segundo pesquisa encomendada pela Rede de fomento ILPF, ao Kleffmann Group na safra 2015/2016 foi estimado que o Brasil já contasse com 11,5 milhões de ha com sistemas ILPF, cuja área em 2005 era apenas de 1,87 milhões, o que representa um incremento de quase 10 milhões de hectares em dez anos. Vale destacar que no contexto da agricultura de baixa emissão de carbono as metas assumidas no Plano ABC durante a COP – 15 e COP – 21 foram de aumentar em 9,0 milhões de hectares a área com ILPF até 2030.

Em Pernambuco, essas ações são incipientes e foram iniciadas há cerca de 15 anos pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), avaliando um sistema silvipastoril envolvendo o consórcio de braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf) + sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) (Figura 1A) e *B. decumbens* + gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) (Figura 1B) na Zona da Mata Norte, Itambé – PE e, mais recentemente, um sistema silviagrícola ou agroflorestal estudando o consórcio de palma forrageira cv. IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) + leucena (*Leucaena*

leucocephala) (Figura 2A) e *N. cochenillifera* + [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.] (Figura 2B) no Agreste, em Caruaru – PE.

Figura 1. Sistema Silvipastoril – consórcio de *Brachiaria decumbens* + Sabiá (1A) e *B. decumbens* + Gliricídia (1B), Zona da Mata Norte, Itambé – PE.



Fonte: Erinaldo Viana.

Entre os benefícios desses sistemas se destacam o aporte de nitrogênio ao solo, melhoria na dieta de alimentação do gado e produção de estacas (APOLINÁRIO *et al.*, 2016), além da mitigação de GEE, com taxa de remoção anual de cerca de 17.013 kg CO₂eq·ha⁻¹·ano⁻¹ e 34.778 kg CO₂eq·ha⁻¹·ano⁻¹, para leguminosas arbustivas não madeireiras e madeireiras, respectivamente (NARANJO *et al.*, 2012). É importante dizer que, os sistemas agroflorestais são os modelos de exploração agropecuária que mais se aproximam ecologicamente de ecossistemas naturais (CAVALCANTE, 2020).

Figura 2. Sistema Silviagrícola – consórcio de palma cv. IPA Sertânia + Gliricídia (2A) e palma cv. IPA Sertânia + Leucena (2B), região do Agreste, Caruaru – PE.



Fonte: Erinaldo Viana.

Programa de sistemas de plantio direto

Para alcançar elevadas produtividades, os sistemas agrícolas convencionais, além de semente de cultivares geneticamente melhorada, empregam grande aporte de outros insumos, como corretivos de solo, fertilizantes químicos, agrotóxicos para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas, os quais contribuem para o processo de degradação dos solos, afetando os mananciais hídricos e a biodiversidade. A adoção de boas práticas do solo e das culturas, como por exemplo, o pouco revolvimento e produção de palhada para proteção do solo, a rotação ou a consorciação de culturas são indispensáveis para se estabelecer a base tecnológica dos Sistemas de Plantio Direto (SPD).

Os maiores benefícios para o solo advindos do SPD são: manutenção da umidade; aumento do teor de matéria orgânica; proteção da erosão; sequestro do carbono atmosférico; maior eficiência da adubação; redução do consumo de energia fóssil, pela menor utilização de tratores, arados e grades. Os sistemas agroflorestais como já destacados são os que mais se aproximam ecologicamente dos ecossistemas naturais, mantendo a biodiversidade e produzindo produtos de origem vegetal e animal, como forragens, grãos, madeira, combustíveis a partir de biomassas, medicamentos, além da proteção da erosão eólica, hídrica e da lixiviação dos nutrientes do solo.

O SPD é constituído por um conjunto de técnicas que promovem a sustentabilidade do negócio agrícola e, ao mesmo tempo, reduz a degradação dos recursos naturais (LEANDRO, 2006), porém requer um planejamento efetivo em termos do que plantar na rotação e sucessão das culturas, objetivando a produção de palhada para cobertura do solo. A permanência da palha na superfície do solo é crucial para a manutenção do SPD, o que reforça a necessidade quando da implantação de se produzir resíduos vegetais de decomposição lenta, para que se mantenha o solo protegido por mais tempo. Por outro lado, em condições de semiárido em face ao uso de palhadas pelos rebanhos, estrutura fundiária diferenciada e topografia acidentada da maioria das propriedades, comparada ao restante do País, vai exigir uma análise mais apurada por parte dos técnicos na elaboração de projetos e o interesse de adoção do agropecuarista.

Quanto a produção de palhada merece destaque as culturas de: milho; sorgo granífero e forrageiro; milheto; aveia preta; aveia branca; arroz; trigo; centeio; triticale

e braquiárias (MENEZES, 2002). Secundariamente, o nabo forrageiro, as crotalárias, a mucuna, o guandu, o gergelim, o niger, a canola, a quinoa e o amaranto (SPEAHR, 2001). A produção de palhada de forma satisfatória para a cultura da soja é a integração lavoura – pecuária, que proporciona benefícios recíprocos, eliminando ou reduzindo as causas de degradação física, química e biológica do solo, sendo o consórcio estabelecido anualmente, podendo ser implantado concomitantemente ao plantio da cultura anual, ou entre 10 e 20 dias após emergência das plântulas (KLUTHCOUSKI *et al.*, 2001).

O SPD é considerado o mais eficiente para controle da erosão em áreas de culturas anuais (SILVA; MARIA, 2011). À medida que se sucedem os SPDs, principalmente em razão da cobertura proporcionada, pelas plantas vivas e mortas, ocorre menor erosão, minimizando as perdas de água, de solo e nutrientes além de promover o acúmulo de material orgânico na superfície do solo e redução das emissões GEE (COLOMBO *et al.*, 2017). As metas assumidas no programa foram a implantação de 8 milhões de hectares com as tecnologias de SPD e mitigar entre 16 e 20 milhões de t CO₂eq. Foram implantados, no período de 2010 a 2016: 9,97 milhões de hectares com SPD e mitigados 18,25 milhões t CO₂eq representando, respectivamente, 125 % e 101 % das referidas metas.

Programa de fixação biológica de nitrogênio atmosférico

A importância da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) como estratégia sustentável na agricultura é uma técnica quase consolidada. Pois, a potencialização de sua contribuição depende de fatores bióticos e abióticos, o que continua sendo objeto de mais estudos para melhor entender a ação e interação destes fatores na relação solo – planta – bactérias e na quantificação dos benefícios aos sistemas produtivos. O uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura, além de onerar os custos de produção das lavouras, o seu processo industrial de obtenção é forte emissor de GEE, o que se soma as perdas de nitrogênio que ocorrem durante o aproveitamento pelas plantas após aplicação e outras transformações que ocorrem com o mesmo, agravando suas consequências ao meio ambiente.

Leguminosas e gramíneas em ambientes variados tem apresentado eficiência considerável no aproveitamento do nitrogênio disponibilizado por bactérias diazotróficas, com os maiores aportes de nitrogênio por fixação biológica atribuídas em sua maioria a rizóbios associados às leguminosas. O sistema de cultivo da soja,

por exemplo, avançou bastante neste sentido, que praticamente não necessita em seu cultivo de aportes de nitrogênio químico, o que pode representar uma economia financeira e reduções importantes nas emissões, podendo representar 4,5 kg de e-CO₂ para cada 1,0 kg de fertilizante não utilizado (HUNGRIA *et al.*, 2013). A inoculação de sementes com bactérias capazes de fixar no solo o nitrogênio disponível na atmosfera é uma técnica que reduz o uso desse grupo de fertilizantes que contribuem de forma significativa para emissão de GEE.

Contudo diversos desafios ainda precisam ser enfrentados. Segundo BRASIL (2012), dentre eles: a adoção pelos produtores do uso de inoculantes para FBN; desenvolver e/ou adaptar novos inoculantes (identificação, biossegurança, bioprocessos, controle de qualidade, veículo de inoculação e eficiência agrônoma); produzir em escala comercial os novos inoculantes recomendados; viabilizar o acesso da tecnologia FBN aos agricultores familiares e assentados da reforma agrária e comprovar que a tecnologia gera balanço positivo quanto às emissões de GEE.

Nesse sentido, as pesquisas avançam em busca de respostas quanto às diversas abordagens relacionadas à FBN, como a quantificação e comportamento de diversas espécies em diferentes condições ambientais, a identificação e avaliação de novas e eficientes estirpes de bactérias, relação entre nutrientes e a absorção de nitrogênio pelo processo de fixação biológica além do conhecimento da genética, bioquímica das bactérias e plantas, dentre outros aspectos da relação solo – planta – microrganismos e assim se consolidar a tecnologia de FBN para regiões tropicais e subtropicais.

Até 2020 foi estabelecido como metas a adoção da tecnologia em 5,5 milhões de hectares e mitigação de 10 milhões de t CO₂eq. Os resultados no período de 2010 a 2016 foram o plantio de 9,97 milhões de hectares com a mitigação de 18,25 milhões t CO₂eq, o que equivale respectivamente a 181 % e 182 % das metas previstas.

Programa de Florestas plantadas

O plantio de essências florestais no Brasil iniciou-se há mais de um século, quando em 1903, Navarro de Andrade trouxe mudas de eucalipto com a finalidade de produzir madeira para dormentes das estradas de ferro, seguido pela introdução do *Pinus* em 1947. Essas espécies se desenvolveram bem nas diversas regiões do nosso país, e a partir da década de 70, devido aos incentivos fiscais para o reflorestamento, foram ampliadas as áreas plantadas.

As florestas plantadas com espécies nativas, como paricá, araucária e exóticas, como pinus e eucalipto contribuem para a captura de CO₂. Por outro lado, as espécies exóticas devido ao maior potencial produtivo de madeira reduzem a pressão sobre as áreas de matas nativas, além de serem mais eficientes fotosinteticamente no sequestro de CO₂ atmosférico e, conseqüentemente, no combate ao aquecimento global. O maior estoque de carbono é de fundamental importância para a determinação da quantidade de créditos de carbono, que poderá ser gerada e negociada nos mercados globalizados.

A área total de florestas plantadas no Brasil, em 2018 totalizou 7,83 milhões de hectares. Deste total, os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares, enquanto as áreas com pinus somam 1,6 milhão de hectares. Os plantios de eucalipto estão localizados principalmente nos Estados de Minas Gerais (24 %), São Paulo (17 %) e Mato Grosso do Sul (16 %). Nos últimos sete anos, o crescimento médio da área de eucalipto foi de 1,1 % ao ano, com o Mato Grosso do Sul liderando, pois apresentou uma taxa média de crescimento de 7,4 % ao ano. Já os plantios de pinus concentram-se no Paraná (42 %) e em Santa Catarina (34 %), seguidos de Rio Grande do Sul (12 %) e São Paulo (8 %). Outras espécies cultivadas, como seringueira, acácia, tecam e paricá, representam cerca de 590 mil hectares.

A área com florestas plantadas ocupa apenas 1 % do território, mas é responsável por 91 % de toda a madeira produzida para fins industriais, com destaque na balança comercial do agronegócio, gerando em torno de 3,7 milhões de empregos. De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), o país lidera o ranking de produtividade florestal, com média de 35,7 m³ há ano⁻¹, o que representa quase duas vezes mais a produtividade dos países do hemisfério norte.

Em 2020, o segmento foi o terceiro do setor do Agronegócio em exportações, registrando valor recorde de US\$ 11,61 bilhões (+23,2 %) atrás apenas dos complexos da soja (US\$ 36,27 bilhões) e de carnes (US\$ 12,12 bilhões). As metas foram estimular o plantio de 3 milhões de hectares de florestas econômicas e mitigar entre 8 t CO₂eq e 10 milhões t CO₂eq. Os resultados alcançados no período de 2010 a 2018 foram o plantio de 1,1 milhão de hectares de florestas e mitigados 2 milhões t CO₂eq, correspondendo respectivamente a 37 % e 25 % das metas previstas.

Programa de tratamento de dejetos de animais

É importante dizer que é produzido no País, por ano, cerca de 180 milhões de toneladas de resíduos e efluentes com a criação de animais estabulados, como bovinos, suínos e aves, os quais são lançados no meio ambiente, contaminando os cursos de água e a atmosfera. A eutrofização das águas decorre do excesso de matéria orgânica que se forma com a decomposição desses resíduos e sua riqueza em fósforo, nitrogênio e potássio favorecendo o crescimento excessivo de algas. Na atmosfera ocorre a emissão de biogás, cujo principal componente é o gás metano (CH₄), o qual possui potencial de aquecimento global, 21 vezes superior ao do CO₂ (IPCC – SAR, 1995; IPCC, 2007).

A produção diária total de efluentes orgânicos em rebanhos leiteiros confinados varia de 9,0 % a 12,0 % do peso vivo total dos animais, sendo também influenciada pelo volume de água utilizado na limpeza e desinfecção das instalações e equipamentos (CAMPOS *et al.*, 2002). No tratamento de dejetos de bovinos leiteiros podem-se utilizar os filtros anaeróbios, reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), lagoas de estabilização, biodigestores e a disposição controlada no solo (RICARDO, 2016).

O tratamento de resíduos animais líquidos consiste na adoção do processo de digestão pela ação de microorganismos anaeróbios desses resíduos orgânicos em biodigestores, o que resulta na produção de biogás e biofertilizantes líquidos. O aproveitamento desses produtos auxilia na sustentabilidade ambiental e econômica da propriedade rural a partir da geração de energias elétrica, térmica e automotiva. A compostagem em esterqueiras secas é outra tecnologia utilizada para decomposição dos resíduos e efluentes que, além de gerar renda para o agricultor, também contribui para reduzir as emissões de GEE. O composto orgânico resultante desse processo é rico em nutrientes, especialmente o fósforo, podendo ser aproveitado na fertilização de diferentes cultivos, especialmente de regiões Semiáridas, podendo ser utilizado em áreas de pastagens, capineiras e palmais.

O tratamento de dejetos animais reduz a emissão de metano e produz adubo orgânico, com potencial de redução do uso de insumos químicos que também contribuem para a geração de GEE, além de possibilitar a conversão de biogás em energia. De acordo com Gurgel e Laurezana (2016), o tratamento de dejetos de animais reduz as emissões de GEE devido à captura e queima do CH₄. Neste programa foi fixado como metas estimular o tratamento de 4,4 milhões de metros cúbicos de dejetos animais e mitigar 6,9 milhões de t CO₂eq. Os resultados obtidos

no período de 2010 a 2018 foram o tratamento de 1,7 milhões de metros cúbicos de dejetos sólidos da suinocultura e mitigados 2,67 milhões t CO₂eq, correspondente a 39 % de ambas as metas. O tratamento de dejetos oriundo da atividade leiteira no semiárido pernambucano praticamente inexistente, mesmo diante da relevante importância.

Finalmente, em cada um dos programas ABC as metas apresentadas foram fixadas para o período de 2010 a 2020. Além disso, foram realizadas diversas ações, para adoção das tecnologias propostas, a saber: capacitação de técnicos e produtores; transferência de tecnologia e assistência técnica especializada; pesquisa e desenvolvimento com a condução de URT; regularização fundiária e ambiental, além de linhas de crédito específicas. Contudo, ainda há muito a ser feito para que os níveis de GEE lançados no meio ambiente pelos diferentes programas deixem de ser um risco aos ecossistemas produtivos, principalmente em ambientes Semiáridos locais, frente às mudanças do clima no planeta.

Programa de enfrentamento e adaptação às mudanças climáticas

Diante da importância que as mudanças climáticas representam para os ecossistemas produtivos, o Brasil, a fim de acompanhar o cumprimento do compromisso nacional voluntário para a redução das emissões de GEE (Art. 12 da Lei no 12.187/2009) até o ano de 2020, estabelecidos no Art. 11 do Decreto no 7.390/2010, além das tecnologias propostas nos primeiros seis programas, o Plano ABC dedica um programa a estratégias de adaptação às mudanças climáticas. As mudanças climáticas impactam significativamente os ecossistemas tropicais. À medida que as temperaturas globais aumentam, o vapor d'água se torna mais abundante numa proporção de 7 % para cada grau Celsius de aquecimento, trazendo fortes implicações para o clima, pois o vapor d'água também causa efeito estufa (LACERDA, 2020).

Nesse contexto, a publicação em formato apropriado das estimativas anuais de emissões de GEE e o aprimoramento metodológico de cálculo de suas projeções são indispensáveis e estão sob a responsabilidade de um grupo de trabalho coordenado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (BRASIL, 2016). Essas estimativas englobam todos os gases de efeito estufa direto relatados nos inventários nacionais. Para tornar essas estimativas comparáveis foi usada a métrica usual do Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential – GWP*) como

fator de ponderação e chegar à unidade comum, ou seja, o equivalente de dióxido de carbono (CO₂eq) a uma unidade de GWP (IPCC-SAR, 1995; IPCC, 2007).

O Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa realiza as estimativas de CO₂eq por setores de atividades econômicas, denominado de Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas, classificados como setor de energia, tratamento de resíduos, processos industriais, agropecuária, uso da terra e florestas (BRASIL, 2012), cada um contribuindo de forma diferente com a emissão de dióxido de carbono, a exemplo do setor de energia que advém da queima de combustíveis e de emissões fugitivas da indústria de petróleo, gás e carvão mineral. Enquanto, no setor agropecuário as emissões de dióxido de carbono decorrem principalmente da fermentação entérica de gado bovino, produzindo metano, e da aplicação de adubos e fertilizantes químicos com forte emissão de óxido nitroso. Assim, da diferença observada entre as emissões brutas de cada setor e as respectivas remoções, obtêm-se as emissões líquidas de CO₂eq.

Independente do setor, nos três Inventários Nacionais publicados para os anos de 2005, 2010 e 2014, as emissões líquidas percentualmente em CO₂eq foram crescentes, exceto para o setor de uso da terra e florestas, sendo os valores de 70 %, 28 % e 18 %, respectivamente. Entre os demais, o setor de processos industriais se manteve estável com participação de 7 % em 2010 e 2014, mostrando que houve a remoção de CO₂ devido principalmente a maior participação de florestas. Enquanto, o setor de energia e agropecuária participaram, respectivamente, com 11 %, 29 % e 37 % e, 14 %, 32 % e 33 % (BRASIL, 2016). Segundo os autores, o setor de energia é impactado pelo maior ou menor consumo de combustíveis fósseis. Por outro lado, na agropecuária o impacto de fatores climáticos com a ocorrência de eventos extremos, a exemplo de secas no Semiárido, geram oscilações nos efetivos de rebanhos, ao longo dos anos.

Um fato a ser registrado foi a criação em 2012 de uma parceria público – privada, denominada Rede de fomento ILPF, constituída pela Embrapa, Cocamar, Dow AgroScience, John Deere, Parker e Syngenta, a qual em 2018 transformou-se em uma associação, tendo por objetivos acelerar a adoção pelos produtores de tecnologias de integração lavoura – pecuária – floresta (ILPF). E com recursos das empresas privadas e Embrapa, que também dispõe de unidades de pesquisa, são montadas Unidades de Referência Tecnológica – URT em todos os biomas brasileiros (ANDRADE, 2015). Segundo alguns autores a agricultura de baixa emissão de

carbono no Semiárido está associada aos sistemas ILPF, ILP, ao mínimo revolvimento do solo, o não uso do fogo e a utilização de adubação verde (ANGELOTTI; GIONGO, 2019).

Atualmente, 19 unidades da Embrapa estão envolvidas e 97 URTs instaladas para coleta e análise de dados, capacitação de produtores, transferência de tecnologia e assistência técnica. Além disso, há o viés da agregação de valor por meio da certificação e inovação com inserção dos produtos nos mercados nacional e externo, o que gera expectativas de captação de recursos de fundos internacionais. Com relação à certificação de produtos, a Embrapa desenvolveu a carne carbono neutro e está em andamento o desenvolvimento de protocolos para a produção do bezerro carbono neutro, do couro carbono neutro e do leite baixo carbono.

Balanco de carbono em sistemas produtivos

Considerando que a produtividade e a redução dos impactos das mudanças climáticas sobre os sistemas produtivos são influenciadas pelos estoques de carbono e nitrogênio no solo, os quais também são importantes para validar os benefícios advindos da adoção dos SIPAs. Neste sentido, o balanço de C no solo é dependente da relação entre as adições de C fotossintetizado pelas plantas (parte aérea e raízes) e as perdas de C para a atmosfera, as quais resultam da oxidação microbiana do C orgânico a CO₂ (COSTA *et al.*, 2008). Porém, a magnitude desse processo só poderá ser avaliada em estudos de longa duração (COSTA *et al.*, 2006). É sabido também que as práticas agrícolas e os fatores climáticos têm efeitos sobre o estoque de carbono, como por exemplo, o preparo de solo, o manejo das culturas, afetando as taxas metabólicas dos microrganismos nos processos de decomposição dos resíduos vegetais e da MOS, as quais são influenciadas pela temperatura e umidade do solo (LA SCALA JÚNIOR *et al.*, 2006).

Além disso, a emissão de C – CO₂ decorrente da ação decompositora dos microrganismos heterotróficos que habitam o solo são dependentes das condições do mesmo, especialmente do seu conteúdo de MOS e da disponibilidade de resíduos vegetais, que constituem as principais fontes de C para microbiota e têm influência nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (CIOTTA *et al.*, 2004). Dessa forma, sistemas de manejo com menor emissão de C – CO₂ por unidade de C na MOS e em resíduos vegetais apresentam maior potencial de retenção de C no solo, em

comparação com sistemas de maior emissão de C – CO₂ por unidade de C potencialmente disponível para oxidação microbiana.

Avaliando alguns sistemas pecuários, Guimarães Júnior *et al.* (2016) relatam estoques de C no solo, no tronco das árvores e o balanço C em t CO₂eq ha⁻¹ ano⁻¹ para o sistema de ILP, respectivamente de: 4,7; 0,0 e + 1,3; para o sistema ILPF foram, respectivamente 3,5; 21,5 e +23,0, enquanto para um pasto em processo de degradação esses valores foram respectivamente 0,7; 0,0 e -0,4. Ou seja, nos sistemas de ILPF os estoques de C retidos no solo e em especial no tronco das árvores contribuem substancialmente para o balanço positivo do sistema. Enquanto no sistema ILP, devido à ausência do componente florestal, o balanço de C no solo foi positivo, porém de baixa magnitude. Por outro lado, num pasto em processo de degradação o balanço de C no solo mostrou-se negativo.

Considerações finais

O manejo do sistema solo – planta – atmosfera deve priorizar àquelas tecnologias que propiciem elevados aportes de serapilheira a fim de se potencializar a retenção de C e N no solo, especialmente em ecossistemas frágeis, como por exemplo, de regiões semiáridas. De modo semelhante, a potencialização das contribuições da fixação biológica do nitrogênio no sistema solo – planta – bactérias depende de fatores bióticos e abióticos, requerendo melhor compreensão e quantificação dos benefícios e em ambos os casos o balanço desses nutrientes no solo deve ser positivo para se auferir os benefícios ambientais e financeiros esperados em cada sistema de produção.

O Programa ABC constitui uma política pública de âmbito federativo, extensiva aos estados da federação e busca levar, independentemente do perfil do produtor e do bioma, um conjunto de inovações tecnológicas com potencial de mitigação dos impactos das mudanças climáticas em curso sobre os ecossistemas produtivos, mantendo a produtividade de forma sustentável e contribuindo para o desenvolvimento de uma agricultura de baixa emissão de carbono. Nesse sentido, as instituições de pesquisa, ensino e assistência técnica assumem importante papel quer na consolidação e inovação desse acervo tecnológico, quer na formação de recursos humanos e nas ações de transferência das tecnologias disponibilizadas aos agropecuaristas.

O Brasil está na busca de uma agropecuária sustentável, com ações capazes de mitigar os efeitos do aquecimento global, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e o futuro das próximas gerações. No entanto, a formalização do ABC de Pernambuco ocorrida somente em outubro de 2017, associada às dificuldades de governança, provavelmente contribuíram para baixa efetividade de suas ações neste primeiro decênio cujo quadro se vislumbra revertê-lo a partir das revisões e ajustes no grupo gestor do Estado, para o novo período de vigência - o ABC+ e, assim, efetivar suas contribuições para o desenvolvimento sustentável do setor rural brasileiro e pernambucano.

Referências

AGUIRE, P. F. *et al.* Produtividade de pastagens de coastcross-1 em consórcio com diferentes leguminosas de ciclo hibernal. **Ciência Rural**, v. 44, n. 12, p. 2265-2272, 2014.

AMADO, T. J. C. *et al.* Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 189-197, 2001.

ANDRADE, R.P. Rede de fomento em ILPF. **Revista Opiniões**, v. 12, n. 40, p. 8–10, jun./ago. 2015. Disponível em: <http://revistaonline.revistaopinioes.com.br/revistas/flo/109/page/8>. Acesso em: 10 jul. 2020.

ANGELOTTI, F.; GIONGO, V. **Ações de mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas, para agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 467 p.

APOLINÁRIO, V. X. O. *et al.* Arboreal Legume Litter Nutrient Contribution to a Tropical Silvopasture. **Agronomy Journal**. v. 1, p. 11, 2016.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2011. 132 p.

BAYER, C. *et al.* Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil Tillage Research**, v. 86, n. 2, p. 237–245, 2006.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 3, p. 599-607, 2000.

BRASIL. Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. **Dispõe sobre a política agrícola.** Disponível em: <
[BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Plano setorial de mitigação e adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixo carbono na agricultura: Plano ABC.** Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173 p.](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8171.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%208.171%2C%20DE%2017%20DE%20JANEIRO%20DE%201991.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20pol%C3%ADtica%20agr%C3%ADcola.&text=Art.&text=Para%20os%20efeitos%20desta%20lei,%2C%20pecu%C3%A1rios%2C%20pesqueiros%20e%20florestais.> Acesso em: agosto de 2020.</p></div><div data-bbox=)

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gabinete do Ministro. Portaria Interministerial nº 984, de 8 de outubro de 2013. Instituir o Plano Setorial para consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura: Plano ABC Nacional. **Diário Oficial da União**, 9 de outubro de 2013. Disponível em: http://www.lex.com.br/legis_24920024_PORTARIA_INTERMINISTERIAL_N_984DE_8_DE_OUTUBRO_DE_2013.aspx. Acesso em: 27 jul. 2020.

BRASIL. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Terceira comunicação nacional do Brasil à convenção-quadro das 200 recuperações de pastagens 1.** Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília: MCTI, v. 3, 2015.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Relatórios de referência do terceiro inventário nacional de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa não controlados pelo protocolo de Montreal.** Brasília: MCTI, 2016. 83 p. Disponível em: <http://sirene.mcti.gov.br/publicacoes>. Acesso em: 30 jul. 2020.

CAVALCANTE, N. C. L. **Sistemas agroflorestais de leguminosas arbóreas e palma forrageira sob adubação orgânica no Semiárido tropical.** Recife, 2020. 86 f.; il. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco/Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, PE, 2020.

CAMPOS, A. T. *et al.* Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p. 426–438, 2002.

CARDOSO, E. L. *et al.* Valoração dos estoques de carbono e nitrogênio no solo sob pastagens nativas de áreas úmidas no pantanal. *In*: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS, 5, 2017, Botucatu. **Simpósio** [...]. Botucatu: FCA/UNESP, 2017. p. 351–355.

CARVALHO, W. T. V. *et al.* Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: **Revisão**, v.1 1, n. 10, p.1036–1045, 2017.

CARVALHO, J. S. *et al.* Evolução de atributos físicos, químicos e biológicos em solo hidromórfico sob sistemas de integração lavoura-pecuária no bioma Pampa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p.1 131–1139, 2016.

CASTRO, A. C. *et al.* Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p. 2392–2402, 2008.

CENSO AGROPECUÁRIO: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <><http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric>. Acesso em: 20 jul. 2020.

CIOTTA, M. N. *et al.* Manejo da calagem e seu efeito sobre componentes da acidez de um Oxisol sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 527–535, 2004.

COLOMBO, G. A. *et al.* Atributos físicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado tocantinense. **Revista Campo Digital**, v. 12, n. 1, p. 21–29, 2017. Disponível em: <<http://revista.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/2068>>. Acesso em: 12 jul. 2020.

CONFERÊNCIA Rio-92 sobre o meio ambiente do planeta: desenvolvimento sustentável dos países. Em discussão. **Revista de Apúblicas do Senado Federal**, v. 3, n. 11, jun. 2012. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/a-rio20/conferencia-rio92-sobre-o-meio-ambiente-do-planeta-desenvolvimento-sustentaveldospaises.aspx>. Acesso em: 12 jul. 2020.

COSTA, F. S. *et al.* Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil (1). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p.323–332, 2008.

COSTA, F. S. *et al.* Métodos para avaliação das emissões de gases de efeito estufa no sistema solo-atmosfera. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 693–700, 2006.

FRACETTO, F.J. C. *et al.* Estoques de carbono e nitrogênio no solo cultivado com mamona na caatinga. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p.1545–1552, 2012.

FRANÇA, T. J. F.; SILVA, J. R. O sistema integração lavoura: pecuária-floresta no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 47, n. 1, p.1–18, 2017.

FU, X.; SHAO, M.; WEI, X.; HORTON, R. Soil organic carbon and total nitrogen as affected by vegetation types in Northern loess plateau of China. **Geoderma**, v. 155, p. 31–35, 2010.

GUIMARÃES JÚNIOR, R. *et al.* Neutralization of enteric methane emissions by carbon sequestration under integrated crop-livestock and crop-livestock-forest systems in Cerrado region. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GASES DE EFEITO ESTUFA NA AGROPECUÁRIA, 2., 2016, Campo Grande. **Anais [...]**. Campo Grande: Embrapa Pecuária Sudeste, p. 282–285. 2016.

GURGEL, A. C.; LAUREZANA, R. D. Desafios e oportunidades da agricultura brasileira de baixo carbono, p. 343–366. *In*: **Agricultura, Transformação Produtiva e Sustentabilidade**. São Paulo: FGV, 2016. Disponível em: <<http://goo.gl/WlyuPf>>. Acesso em: dia julho de 2020.

HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. **A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e da soja**. Londrina-PR: Embrapa Soja, 2013.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC (Cambridge). SAR (Second Assessment Report). **Climate Change 1995: The Science of Climate Change**. IPCC reports are formally described as "approved" or "accepted"., 1995.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Cambridge). **Climate change 2001: the scientific basis**. Cambridge: IPCC/Cambridge University Press, 2001. 881p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Cambridge). **Fourth assessment report (AR4):** mitigation of climate change. Cambridge: United Kingdom and New York, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Cambridge). Agriculture, forestry and other land use, 2014. Disponível em: < <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/agriculture-forestry-and-other-land-use-afolu/>. Acesso em: 8 ago. 2020.

KLUTHCOUSKI, J. *et al.* **Sistema Santa Fé:** tecnologia Embrapa, integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 28p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 38).

LACERDA, F. F. **Alterações climáticas em tempos de pandemia:** o caso de Pernambuco. Disponível em: <https://pinzon.com.br/alteracoes-climaticas-em-tempos-de-pandemia-o-caso-de-pernambuco-e-o-artigo-de-francis-lacerda/>. Acesso em: 15 out. 2020.

LA SCALA JÚNIOR, N.; BOLONHEZI, D.; PEREIRA, G. T. Short-term soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage of a no till sugar cane area in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 91, n. 1–2, p. 244–248, 2006.

LEANDRO, W. L. Plantio direto garante sustentabilidade a agroecossistemas. **Visão Agrícola**, n. 5, p. 16–20, 2006.

LEITE, L. F. C. *et al.* Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 821–832, 2003.

LIRA JÚNIOR, M. A. L. *et al.* Legume-based silvopastoral systems drive C and N soil stocks in a subhumid tropical environment. **Catena**, v. 189, p. 104508, 2020.

LOVATO, T. *et al.* Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 175–187, 2004.

MENEZES, L. A. S. **Alterações de propriedades químicas do solo em função da fitomassa de plantas de cobertura.** 2002. 73 p. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

MOMBACH, M. A. *et al.* Emissões de metano entérico por bovinos: o que sabemos e que fazer, 2016. *In*: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA INTEGRADA, 2., 2016, Sinop, MT. **Anais [...]**. Cuiabá, MT, Fundação UNISELVA, p. 181-202. 2016.

MOREIRA, M. M. **Estoque de carbono e nitrogênio em áreas de vegetação nativa e antropizada no município de Irecê-Ba**/Márcia Moura Moreira - Cruz das Almas, 2013. 52f.; il. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2013.

NARANJO, J. F. *et al.* Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. **Livestock Research for Rural Development**, v. 24, n. 8, p. 15, 2012.

PERNAMBUCO. Decreto nº 45.165, de 25 de outubro de 2017, no uso das atribuições que lhe são conferidas pelos incisos II e IV do artigo 37 da Constituição Estadual, e tendo em vista a Portaria interministerial nº 984/2013, aprova o plano estadual de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura - agricultura de baixo carbono - Plano ABC Pernambuco, conforme anexo único. **Diário Oficial do Estado**, qual a secção??, Recife, PE, qual o v.??? qual o nº???, qual a pagina, 26 outubro de 2017.

PLANO AGRICOLA E PECUÁRIO 2011/2012. Brasília: MAPA, 2011.

PLANO AGRICOLA E PECUÁRIO 2012/2013. Brasília: MAPA, 2012.

PLANO AGRICOLA E PECUÁRIO 2013/2014. Brasília: MAPA, 2013.

PLANO AGRICOLA E PECUÁRIO 2015/2016. Brasília: MAPA, 2015.

PLANO AGRICOLA E PECUÁRIO 2019/2020. Brasília: MAPA, 2019.

RIBEIRO, R.C. *et al.* Introdução de desmódio em pastagem estabelecida de *Brachiaria humidicola*: densidade e frequência da leguminosa no consórcio. **Revista da Universidade Rural**, v. 27, n. 2, p. 41–49, 2007.

RICARDO, T. N. A. **Plano de manejo de resíduos de bovinocultura leiteira de uma propriedade rural no município de Santa Barbara do Monte Verde, MG**. 2016. 64p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenheiro Ambiental e Sanitarista) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

SILVA, R. L.; MARIA, I. C. Erosão em sistema plantio direto: influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 554–561, 2011.

SPEHAR, C. R. Avaliação de espécies para a diversificação de safrinha no cerrado. **Jornal Direto no Cerrado**, v. 6, n. 20, p. 8, 2001.

TEIXEIRA, L. A. J.; TESTA, V. M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 207–214, 1994.

VAN BREEMER, N. Soils as biotic construct favouring net primary productivity. **Geoderma**, v. 57, p. 183–211, 1993.

VEZZANI, F. M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001. 184p. Tese (Doutorado em ciência do solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ZANATTA, J. A. *et al.* Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. **Soil & Tillage Research**, v. 94, n. 2, p. 510–519, 2007.

Capítulo 3

USO RACIONAL DOS RECURSOS HÍDRICOS

Josimar Gurgel Fernandes
Patrícia Ribeiro dos Santos

Introdução

Esse capítulo tem o intuito de versar sobre a disponibilidade e uso dos recursos hídricos em atendimento às demandas da sociedade de forma a promover um desenvolvimento sustentável, chamando atenção para o estado de Pernambuco.

A água é considerada um insumo fundamental à vida, configurando-se como elemento insubstituível em diversas atividades humanas, além de manter o equilíbrio ambiental. O rápido crescimento da população mundial tem aumentado a pressão sobre os recursos hídricos, conduzindo ao aumento da demanda de água, promovendo assim problemas de escassez desse recurso em várias regiões. Calcula-se que mais de 2 bilhões de pessoas passem por problemas de disponibilidade de água para consumo e que, em 25 anos, aproximadamente 5,5 bilhões de pessoas vivem em áreas com moderada ou elevada falta d'água.

Quando se avalia o problema de forma global, identifica-se que existe quantidade de água suficiente ao atendimento da demanda da população mundial, entretanto, a distribuição desuniforme da população e dos recursos hídricos no globo acaba por gerar cenários desfavoráveis quanto à disponibilidade hídrica em diferentes regiões.

O Brasil possui uma conjuntura favorável em relação à sua disponibilidade hídrica, contudo, aproximadamente 70 % da água doce do país encontra-se na região amazônica, que abriga menos de 5 % da população brasileira. A opinião sobre abundância de água serviu durante muito tempo para alimentar à cultura do desperdício dos recursos hídricos e também ao adiamento dos investimentos necessários para melhorias no uso da água.

A combinação entre crescimento exagerado das demandas localizadas e degradação da qualidade das águas é um dos grandes problemas de escassez hídrica no Brasil. Fato que ocorre em consequência dos processos desordenados de urbanização, industrialização e expansão agropecuária. O tema recursos hídricos vêm

ganhando notoriedade nos últimos anos, especialmente depois que as maiores cidades do país apresentaram sérios problemas com relação à disponibilidade de água potável para a população.

A partir da década de 30, o Brasil conta com um Código de Águas – Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Contudo, em virtude de elevadas demandas e das mudanças institucionais, tal ordenamento jurídico apresentou-se insuficiente para combater o desequilíbrio hídrico e os conflitos de uso. Com o intuito de melhorar o uso da água no país, foi sancionada a Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e estabeleceu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Também foi promulgada a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, que criou a Agência Nacional de Águas – ANA, instituição designada para implementação dessa Política e da coordenação desse Sistema.

A necessidade de uma gestão eficiente é mais patente nas regiões áridas e semiáridas do país, onde as condições climáticas, aliadas a sistemas de abastecimento pouco eficientes e à baixa gestão de recursos hídricos, causam o aparecimento de graves problemas de abastecimento d'água, atrapalhando o atendimento das demandas quantitativas e qualitativas da população (GUEDES; RIBEIRO; VIEIRA, 2014).

O Semiárido Brasileiro com uma população que ultrapassa 27 milhões de habitantes (12 % da população brasileira), é o mais populoso do mundo, entretanto apresenta apenas 3 % das águas doces do país. Sendo assim, uma das regiões do país com os maiores desafios de gestão dos recursos hídricos nas cidades e na zona rural. O abastecimento da população vem sendo realizado em concordância com a disponibilidade dos mananciais. De tal modo, os responsáveis pela gestão dos recursos hídricos enfrentam o problema de satisfazer a necessidade da população e, ao mesmo tempo, controlar os níveis dos mananciais para suportar o abastecimento.

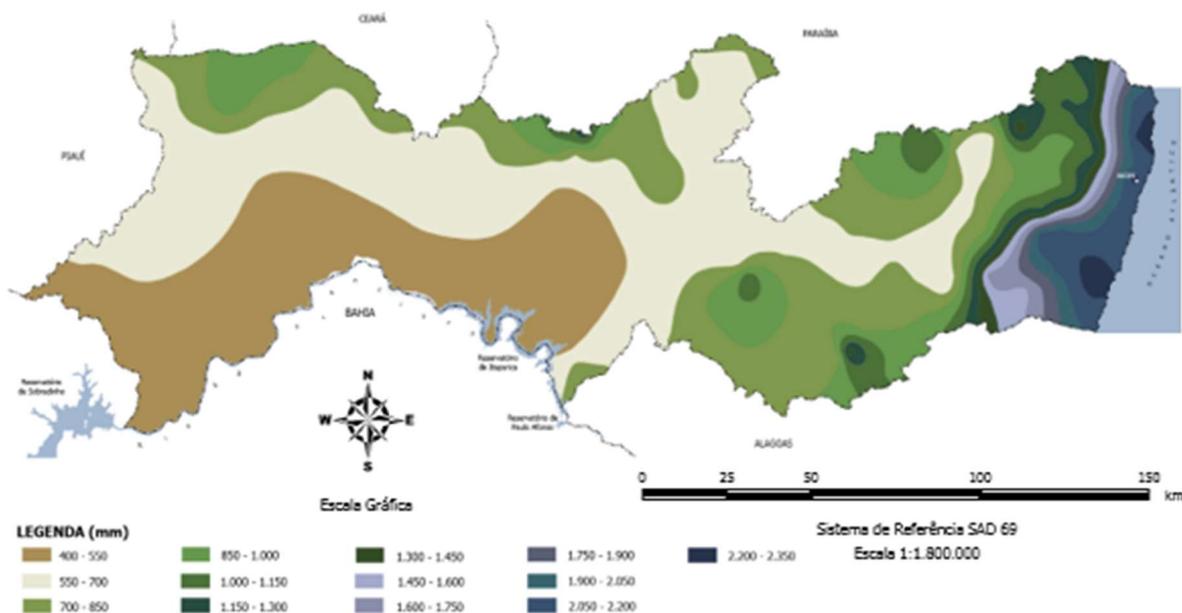
Origens das águas em Pernambuco e o balanço hídrico

O Estado de Pernambuco, em virtude de seu formato alongado no sentido leste-oeste, exibe características climáticas distintas: no litoral o clima é classificado como quente e úmido, no interior como semiárido, sendo que 89 % de Pernambuco está inserido na região semiárida. Na Zona da Mata e no litoral a precipitação atinge 2.350 mm ano⁻¹ e as chuvas são distribuídas ao longo do ano. Diferentemente, no interior as chuvas são escassas e concentradas em poucos meses, sendo registrados

precipitações inferiores a 500 mm ano⁻¹ (Figura 1). Por não possuir condições morfológicas favoráveis à construção de grandes reservatórios, o aproveitamento do potencial hídrico existente na região semiárida do Estado é baixo.

A disponibilidade hídrica é o resultado do volume de água armazenado nos reservatórios, dividido pelo número de habitantes e em Pernambuco esse resultado é de 1.270 m³ por habitante. Por ano, cada pernambucano recebe pouco mais de 100 mil litros de água, o menor índice do Brasil.

Figura 1. Mapa de precipitação em Pernambuco.

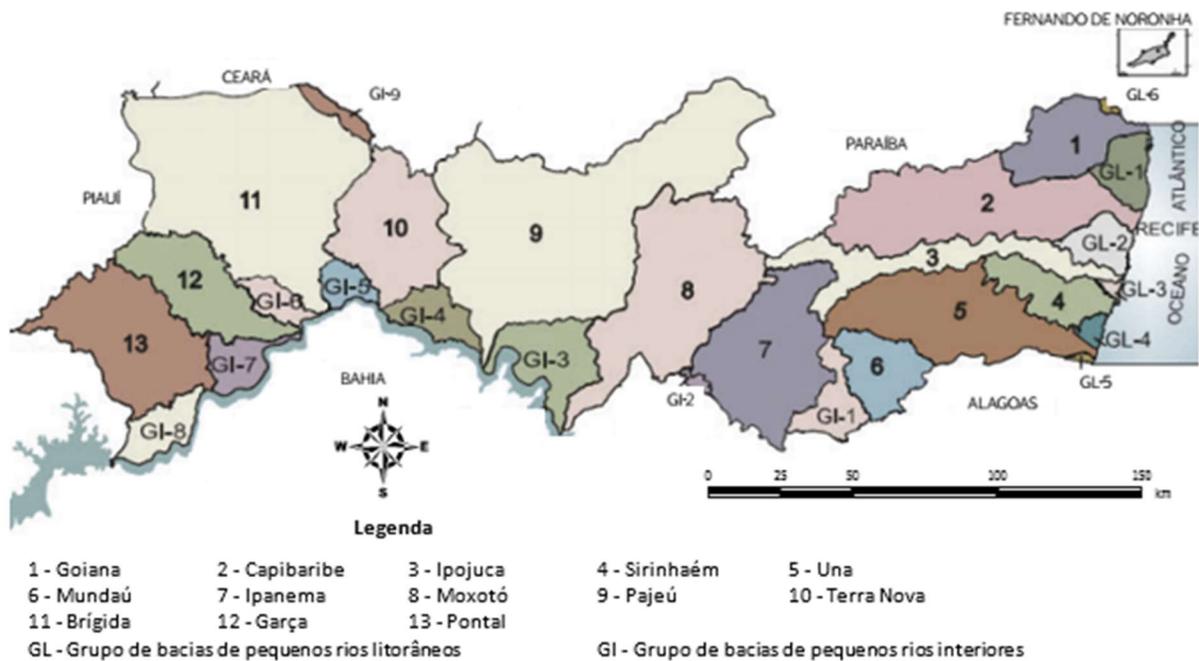


Fonte: Josimar G. Fernandes.

Pernambuco possui 13 grandes bacias hidrográficas: um conjunto de bacias de pequenos rios litorâneos reunidos em seis grupos; também um conjunto de bacias de pequenos rios interiores reunidos em nove grupos; e uma bacia de pequenos rios que compõem a rede de drenagem do arquipélago de Fernando de Noronha. Essa rede de drenagem do estado possui duas vertentes: o rio São Francisco e o Oceano Atlântico (Figura 2).

Grande parte das bacias hidrográficas pernambucanas estão totalmente inseridas dentro dos limites do Estado, com exceção das bacias dos rios Ipanema, Moxotó, Mundaú e Una que possuem parte de sua área de drenagem no Estado de Alagoas. E também, há pequenas bacias compartilhadas (GI-1; GI-2 e GL-5) com Alagoas, (GI-9) com o Ceará, e (GL-6) com a Paraíba.

Figura 2. Mapa de bacias hidrográficas de Pernambuco



Fonte: Josimar G. Fernandes.

No Estado, 80 % das reservas hídricas aproveitáveis estão localizados nas bacias do litoral e zona da mata, enquanto que o agreste e sertão, respondem com 20 %. Pernambuco possui 150 reservatórios com capacidade de acumulação acima de 1 milhão de m³, perfazendo assim um volume de 4.162.909.916 bilhões de m³ de águas superficiais que são utilizadas para abastecimento humano e desenvolvimento de atividades econômicas, conforme apresentado no Tabela 1.

Com o mesmo propósito o Estado também faz uso de águas subterrâneas, essas reservas são volumes hídricos acumulados em aquífero, em função da porosidade efetiva e do coeficiente de armazenamento. A quantificação armazenada dar-se por meio da “reserva permanente”, que é a parcela não variável em decorrência da flutuação sazonal da superfície potenciométrica. Essa reserva, nos aquíferos intersticiais de bacias sedimentares (Figura 3), é estimada em 142.440.000.000 bilhões de m³.

Estimativa detalhada de reservas hídricas presentes no subsolo do estado de Pernambuco. * (Cedro, São José do Belmonte, Mirandiba, Tupanaci, Betânia e Flores)

- Bacia de Jatobá (43,29 %) = 61.660.000.000 bilhões de m³
- Bacia do Araripe (39,94 %) = 42.650.000.000 bilhões de m³
- Bacias Residuais* (18,53 %) = 26.400.000.000 bilhões de m³
- Bacia PE/PB (6,58 %) = 9.370.000.000 bilhões de m³

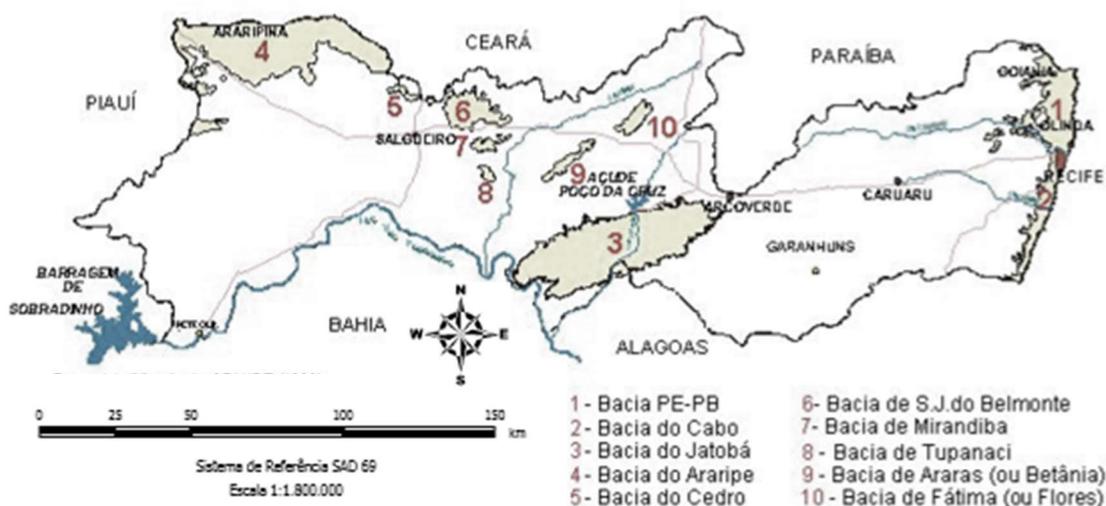
- Bacia do Cabo (0,41 %) = 580.000.000 milhões de m³
- Aquífero Barreiras (0,94 %) = 1.340.000.000 bilhões de m³
- Aquíferos aluvial (0,11 %) = 160.000.000 milhões de m³
- Aquíferos fissural (0,2 %) = 280.000.000 milhões de m³

Tabela 1. Capacidade de acumulação de água nas bacias hidrográficas do Estado

Bacia	Capacidade (m ³) *	% em PE
Brígida	1.204.770.669	28,94
Capibaribe	820.108.835	19,70
Pajeú	597.534.541	14,35
Moxotó	535.949.068	12,87
Uma	367.906.730	8,84
Garça	140.455.867	3,37
Terra Nova	106.370.355	2,56
GL2	100.923.567	2,42
Ipojuca	94.809.759	2,28
Goiana	52.469.159	1,26
Pontal	36.757.075	0,88
Mundaú	31.718.656	0,76
Ipanema	30.910.635	0,74
GL1	28.800.000	0,69
GI4	10.700.000	0,26
Sirinhaém	1.625.000	0,04
GI6	1.100.000	0,03
TOTAL	4.162.909.916	100,00

* baseado nos reservatórios com capacidade de acumulação superior a 1 milhão de m³

Figura 3. Mapa das bacias sedimentares em Pernambuco.



Fonte: Adaptado da SRH/PR (1999).

O balanço hídrico é um instrumento de trabalho que estuda a relação de comparação entre as disponibilidades e as demandas de água em uma determinada Bacia Hidrográfica ou região. Por meio desse instrumento é possível concluir se os recursos disponíveis existentes atendem à demanda, e também avaliar as conveniências e possibilidades de transferências de água entre unidades de planejamento.

Entre os componentes do balanço hídrico, o escoamento superficial, que é frequentemente desprezado em estudos de balanço hídrico, tem grande importância, sobretudo em regiões semiáridas nas quais normalmente ocorrem longos períodos de seca seguidos de curtos períodos chuvosos que apresentam, na maioria das vezes, eventos de precipitação com alta intensidade. Este componente depende de vários fatores, como a declividade do terreno, tipo de cobertura do solo, capacidade de infiltração de água no solo e da intensidade da chuva (COSTA *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014).

Uso e reuso da água e o desenvolvimento estadual

Os principais desafios para uma gestão bem sucedida dos recursos hídricos passa pela redução de perdas nos sistemas de transporte; alta eficiência na irrigação e reuso das águas. Muitos dos sistemas de adução e transporte de água apresentam relevante desperdício, muitas vezes, por falta de manutenção adequada, nos levando a prospectar uma perda média de até 35 % da vazão escoada.

Contudo, ainda existe uma enorme carência de estudos relacionados a forma como é utilizada a água de irrigação, e também seus impactos nas bacias hidrográficas. O Estado de Pernambuco apresenta 70,51 % do seu território (269.327,15 km²) pertencente à bacia do rio São Francisco.

Segundo os dados do censo agropecuário de 2017 publicados pelo IBGE (2019), a área irrigada no estado de Pernambuco era de 190.299 ha. Entretanto, o Estado tem potencial para chegar a 235.200 ha irrigados. Dessa forma, Pernambuco “utiliza” 80,90 % das suas terras com potencial para irrigação, restando aí 19,10 % (44.901 ha) para ampliação produtiva.

No Projeto de Integração do São Francisco – PISF está planejado a implantação de novas áreas irrigadas que somadas chegam a 30.793 ha, conforme descrito no Tabela 2.

No semiárido estima-se um consumo de água pela irrigação entre 6 mil m³ ha⁻¹ a 20 mil m³ ha⁻¹ a cada safra, dependendo das condições edafoclimáticas, conferindo-se assim como o maior usuário de água com uma utilização entre 60 % e 70 % da demanda. De tal forma, considerando a escassez hídrica da região, é primordial estimular o reuso da água no setor agropecuário. Possibilitando com isso otimizar ações para o desenvolvimento sustentável do Nordeste.

Tabela 2. Relação de áreas projetadas para irrigação em Pernambuco com o PISF

Área irrigada	Bacia	Municípios	Área levantada (ha)	SAU (ha)	Fonte Hídrica	Detalhe
Serra Negra	Pajeú	Ibimirim	29.451	9.000	Trecho V*	Reconhecimento
Moxotó	Moxotó	Ibimirim/ Inajá	14.000	8.596	Poço da Cruz	Implantado (reestruturação)
Marí	Brígida	Parnamirim	8.252	4.250	Entremontes	PD**
Belmonte	Brígida	Parnamirim	6.672	3.752	Chapéu	PD**
Algodões	Brígida	Ouricuri	1.195	1.195	Entremontes via Algodões	PD**
Terra Nova	Terra Nova	Salgueiro/ Cabrobó	1.500	1.500	Trecho I*	Reconhecimento
GI5	GI5	Orocó/ Cabrobó	3.000	2.500	Trecho I*	Reconhecimento
TOTAL			64.070	30.793		

SAU – Superfície Agrícola Útil

* da Transposição do rio São Francisco

** Plano Diretor

Atualmente a fração de água de reuso, no caso do semiárido brasileiro, é insignificante. Porém, estudos sobre o reuso de água na agricultura vem despertando grande interesse do meio acadêmico. Considerando os 123 municípios pernambucanos inseridos na região semiárida em área equivalente 86.341 km² (87,82 % da área total do Estado) e também sua população 4.044.986 habitantes (42,32 % da população de Pernambuco), estima-se um volume de 323.599 m³ dia⁻¹ de águas residuárias passíveis de serem aproveitadas de forma distribuída para irrigar diariamente 2.588,79 hectares.

Se considerarmos a população de uma cidade do semiárido pernambucano com aproximadamente 20 mil habitantes e consumo de água de 100 L ha⁻¹ dia⁻¹, teríamos uma demanda hídrica de 2.000 m³ dia⁻¹. Considerando que a cidade possui um sistema de esgotamento sanitário e que 80 % desse volume retorne para tratamento, teríamos um volume de águas residuárias de 1.600 m³ dia⁻¹ que poderia ser utilizado, após os devidos tratamentos, para fins de irrigação e produção

agropecuária. Esse volume de água de reuso seria suficiente para irrigar diariamente 12,8 ha, se considerarmos uma evapotranspiração média de 10 mm dia⁻¹ e uma eficiência do sistema de irrigação da ordem de 80 %.

Apesar de ser um exemplo simples, é possível mostrar o grande potencial para incremento produtivo do setor agropecuário no Nordeste, possibilitando assim um desenvolvimento mais sustentável, e também a redução dos impactos ambientais causadas pelo descarte do esgoto *in natura*.

A possibilidade de reuso de água na agricultura já é praticada há longos anos em diferentes países. Podemos destacar aqui os Estados Unidos da América onde os produtores rurais da cidade de Bakersfield, na Califórnia, utilizam há mais de 65 anos águas residuárias para a irrigação de 2.250 ha com diversas culturas. Além disso, é preciso registrar que a precipitação média anual na região é de 150 mm e ocorre concentrada entre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

Na África do Sul é uma prática comum a utilização de efluentes sanitários tratados para irrigação, podendo chegar em alguns municípios a 100 %. Na Europa e em Israel existem muitos outros registros de reuso de água na produção agrícola.

Segundo estudos da FAO (2013), a água disponível para agricultura terá uma redução até 2050 da ordem de 40 %. O que necessariamente nos estimula a estudar novas fontes de suprimento hídrico para atender a demanda agrícola, assim com melhorar a gestão dos recursos hídricos.

No Brasil o reuso de água para uso agrícola e florestal foi regulamentado em 2010 pela resolução CNRH n° 121, tendo por finalidade assegurar que o reuso da água não cause risco a saúde pública e ao meio ambiente.

Além da oferta hídrica para as culturas por meio do reuso de águas, também ocorre o incremento nutricional das culturas por meio dos nutrientes presentes nas águas residuárias. Estudos realizados por Silva (2007) com o intuito de identificar os efeitos da fertirrigação com efluentes de lagoa de polimento, na produção de feijão *Vigna unguiculata* L., apontaram uma produtividade cinco vezes maior que o tratamento com água de abastecimento.

A utilização de águas residuárias tratadas para irrigação de culturas agrícolas e florestais em regiões semiáridas é uma alternativa que deve ser cada vez mais considerada nos estados do Brasil, sobretudo em função da escassez hídrica, reciclagem de nutrientes para as plantas, e também evitando descartar essas águas em rios ou riachos intermitentes. Sendo essa “recuperação produtiva” da água um dos

maiores benefícios para a região semiárida, mesmo em períodos de estiagem, não sofrendo descontinuidade produtiva.

Um dos grandes obstáculos ao reaproveitamento das águas na produção agrícola é a aceitação por parte da população. Por vezes essa aceitação é inconsciente, por meio do consumo de distintos produtos agrícolas provenientes de cultivos com reuso indireto, principalmente por não conhecerem sua origem. É o caso da produção de hortaliças ao entorno da cidade de Caruaru – PE, que é cultivada utilizando a água do rio Ipojuca, que por sua vez recebe os esgotos da cidade. A produção atende o mercado local e a Ceasa. Entretanto, quando se busca oferecer produtos de áreas definidas como reuso direto, utilizando água de uma estação de tratamento de esgoto para produção agrícola, normalmente encontram-se resistências dos consumidores na aceitação do produto. Para Santos e Mancuso (2003) e Cararo (2004), a aceitação pública é o mais crucial dos elementos na determinação do sucesso ou insucesso de um programa de produção agrícola com água de reuso.

A agricultura irrigada não é uma vilã para o desenvolvimento sustentável, pelo contrário, tem uma importância substancial quando bem utilizada. Em tempos de escassez hídrica, fala-se muito em desperdício deste recurso nos diversos setores (agropecuária, industrial e doméstico). Apontar culpados não vai resolver o problema. Cada setor tem sua importância, suas demandas e suas diferenças e com uma boa gestão hídrica é possível dinamizar e atender as demandas dos usuários de acordo com a realidade. No setor agropecuário a irrigação tem se tornado uma prática cada vez mais importante na produção agrícola, considerando a distribuição das chuvas estar se tornando cada vez mais irregular e concentrada em poucos meses, assim como o acontecimento de anos com baixos índices de pluviosidade se tornando cada vez mais frequente, dificultando assim o planejamento agrícola e comprometendo em grande parte a produção de sequeiro, principalmente a agricultura familiar.

Considerando que a chuva representa a única fonte de realimentação da umidade do solo e que essa umidade é primordial para o desenvolvimento das culturas, seu aproveitamento socioeconômico depende das características edáficas, do regime de ocorrência das chuvas e fisiologia da vegetação natural ou cultivada. Historicamente, verifica-se que o nordestino, nas diversas formas de ocupação do território, baseou a sua economia no aproveitamento do potencial hídrico localizado, explorando de forma extensiva tanto a agricultura quanto a pecuária. Contudo, a

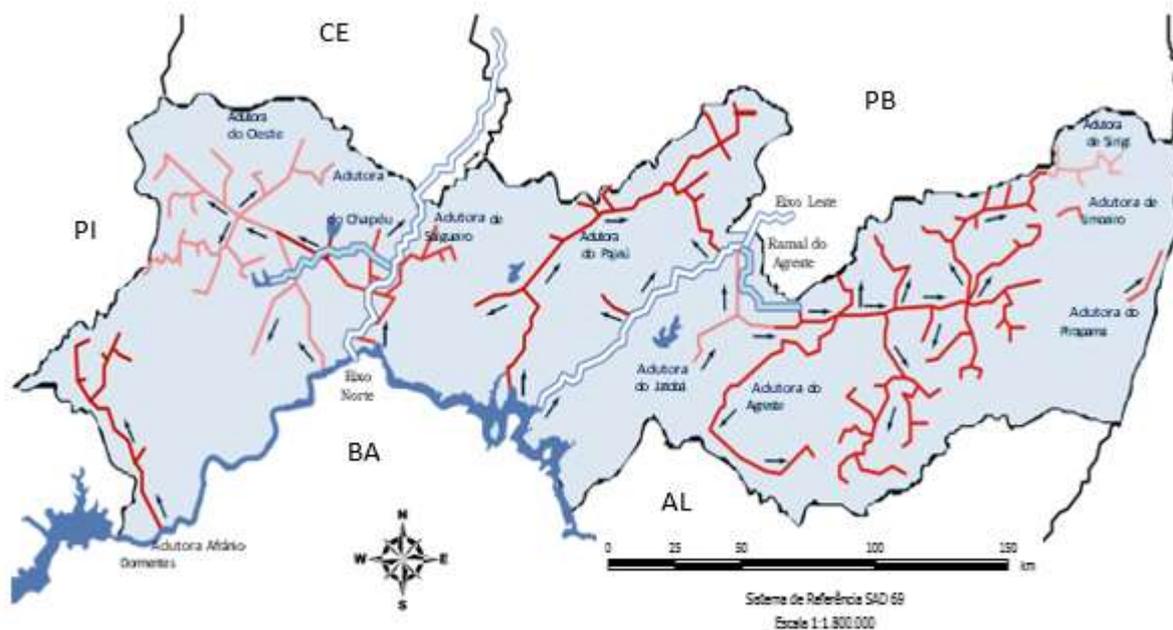
irregularidade do regime das chuvas e o baixo nível tecnológico/organizacional, dentre outros aspectos subjetivos, muitos produtores rurais não conseguiram condições de consolidação econômica dessas atividades. Isso vem causando um grande esvaziamento do campo.

Por sua vez, condições rudimentares de uso e ocupação do solo têm contribuído muito para sua erosão e degradação, empobrecimento das pastagens, redução das reservas de hídricas, dos fluxos de água nos rios e aquíferos e também de seus volumes. Os problemas resultam basicamente da falta de gerenciamento efetivo da água em particular e das ações desenvolvimentistas em geral. Contudo, é importante destacar que o gerenciamento dos recursos hídricos tem melhorado após a criação da Agência Nacional de Águas. Ao contrário, em áreas com escassez de água para abastecimento foram estimulados a urbanização e industrialização por meio de vários incentivos. Além disso, a qualidade da água dos mananciais utilizados em muitos casos está sendo degradada pelo lançamento deliberado ou tolerado de esgotos domésticos e industriais não tratados. Entretanto, a opção pelo desenvolvimento sustentável deve compatibilizar, no espaço e no tempo, o crescimento econômico, com a conservação ambiental, a qualidade de vida e a equidade social.

Com o intuito de melhorar a oferta de água para a população, o governo do Estado de Pernambuco vem trabalhando nas últimas décadas para ampliar o sistema de adutoras, a partir de fontes hídricas mais seguras, principalmente o rio São Francisco, para abastecimento das cidades na região semiárida. E a utilização de poços profundos e barragens para abastecimento das cidades localizadas na zona da mata e região metropolitana do Recife, visando minimizar os impactos da falta de água para a população (Figura 4).

Na região nordeste, apesar das limitações hídricas superficiais, poderiam ser tirados do subsolo um volume de água de 19.500.000.000 m³ ano⁻¹ sem risco de esgotamento dos mananciais. Segundo informações da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, esse valor é 40 vezes maior do que o explorado atualmente. Entretanto, a utilização dessas águas subterrâneas é limitada por um problema bastante comum nos poços do semiárido nordestino, a elevada concentração de sais. No subsolo, o contato da água com as rochas cristalinas por longo período de tempo leva ao processo de salinização das águas (SOARES *et al.*, 2006).

Figura 4. Principais sistemas adutores do Estado de Pernambuco.



Fonte: Josimar G Fernandes.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 357 de 2005, determina a classificação e os padrões de qualidade das águas do território nacional, sendo: águas doces: aquelas que apresentam salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰; águas salobras: apresentam salinidade entre 0,5 ‰ e 30 ‰ e as água salinas: com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

O processo de dessalinização possibilita elevar os recursos de água disponíveis a partir da produção de água doce proveniente de fontes salinas ou salobras. Sua produção vem sendo ampliada e as tecnologias melhoradas ao longo das últimas décadas. E com isso reduzindo os custos, tornando essa tecnologia cada vez mais acessível em muitas localidades. Entretanto, a produção e o consumo de água dessalinizada no mundo correspondem a menos que 1 % do total (BURN, 2015).

Com base nas estimativas de Khawaji *et al.* (2008), projetamos que em 2020 aproximadamente 100 milhões de pessoas no mundo utilizem água proveniente de dessalinização. Atualmente, alguns países dependem estritamente das tecnologias de dessalinização para obter água potável, para abastecimento humano da população, como é o caso da Arábia Saudita, Emirados Árabes e Kuwait. Todos esses países estão localizados no Oriente Médio. Segundo Middle East Electricity (2005), é consenso que a dessalinização vai continuar crescendo no Oriente Médio.

Já nos Estados Unidos, a escassez de água em várias regiões resultou num planejamento de médio e longo prazo objetivando ampliar a utilização da dessalinização da água do mar para suprir a demanda de água potável para abastecer as cidades, conforme apontado pela Royal Academy of Engineering (2010).

Na cidade Australiana de Sydney, a demanda de uso de água está crescendo juntamente com o aumento da população da cidade, chegando a superar a oferta de abastecimento de água proveniente dos reservatórios, uma situação agravada por períodos de seca. Como consequência, a cidade instalou, em 2010, uma das maiores plantas de dessalinização do mundo que retira água do mar para atender mais de 1,5 milhão de habitantes. No caso em tela, o custo é quase duas vezes maior do que se a água viesse dos reservatórios, contudo, tem a vantagem da oferta continuar garantindo segurança hídrica para a população, não sendo a disponibilidade de água influenciada pelo clima (SIDNEY DESALINATION PLANT, 2015).

Israel é um país semiárido, com mais da metade do seu território localizado no deserto de Negev, onde $670.000.000 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$, equivalente a 76 % da água para consumo doméstico utilizada no país, é proveniente de dessalinizadores cujo investimento atual é mais de 3,5 bilhões de dólares por ano. Atualmente seus recursos hídricos (água da chuva, três aquíferos e o Mar da Galileia “que é um Lago de água doce”) não conseguem mais fornecer, sozinhos, a água que o país necessita. Espera-se que a utilização da água dessalinizada possa contribuir para recuperação das fontes naturais de água, especialmente os aquíferos, que secaram após muitos anos de estiagem e elevada exploração (TENNE, 2015).

O país que faz mais uso da tecnologia de dessalinização de água é a Arábia Saudita, seguido pelos EUA, Emirados Árabes Unidos, Espanha e Kuwait, respectivamente. O país é banhado pelo Mar Vermelho e pelo Golfo Árabe. O volume de água dessalinizada do Mar Vermelho equivale a $2.428.880 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ e no Golfo Árabe são dessalinizados $2.727.414 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, totalizando um volume diário de água dessalinizada equivalente a $5.156.294 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. O governo da Arábia Saudita projeta atingir um incremento de mais $3.000.000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ e até 2030; um volume equivale a $12.526.294 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ (AL-ALSHAIKH, 2015).

No Brasil, os sistemas de dessalinização instalados se concentram na região do semiárido, em virtude do elevado número de reservatórios subterrâneos de água salobra que se formaram devido aos longos períodos de seca e também à demanda para atendimento da população com água potável. Foi criado no país o programa de

dessalinização intitulado: Programa Água Doce (PAD), com o objetivo de implantar dessalinizadores nos poços tubulares contendo água salobra ou salina em áreas do semiárido para serem usados como fonte de abastecimento humano (PROGRAMA ÁGUA DOCE: DOCUMENTO BASE, 2012).

Pernambuco mantém permanentemente um conjunto de equipamentos de dessalinização para atender a população rural difusa e em núcleos habitacionais que variam entre 250 e 7,5 mil pessoas. Atualmente estão instalados 320 equipamentos e mais 170 estão planejados para implantação, sendo o maior agrupamento de equipamentos localizado na região agreste do Estado. Além disso, o Território Estadual de Fernando de Noronha dispõe de uma planta para dessalinização de água do mar que atende 50 % do consumo de água potável da ilha.

Integração de bacias hidrográficas

Surge a partir do século XXI um novo paradigma relacionado à convivência produtiva com a região semiárida e com as secas: a gestão da água, a partir de uma perspectiva integrada de bacia hidrográficas. O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional pretende assegurar a oferta de água a cerca de 12 milhões de habitantes na região semiárida dos Estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, com prazo estimado para alcançar esse quantitativo até 2025.

A justificativa simplificada para realização do projeto resume-se em:

- O Nordeste possui 28 % da população brasileiras e apenas 3 % da disponibilidade de água, vivenciando uma grande irregularidade na distribuição dos seus recursos hídricos, e o rio São Francisco apresenta 70 % de toda a oferta regional;
- A oferta hídrica no semiárido da bacia do São Francisco varia entre 2.000 e 10.000 m³ hab⁻¹ ano⁻¹ e as demais áreas do semiárido setentrional (CE, PB, PE e RN) aproximadamente 400 m³ hab⁻¹ ano⁻¹.

Sendo assim, o projeto de transposição foi dimensionado para estabelecer a interligação da bacia hidrográfica do Rio São Francisco que “tecnicamente” apresenta uma vazão garantida pelo reservatório de Sobradinho no valor de 1.850 m³ s⁻¹, com bacias de rios intermitentes inseridas no Nordeste Setentrional com baixa quantidade de água disponível. De acordo com o projeto em execução pelo Ministério do Desenvolvimento Regional, a integração do rio São Francisco com bacias dos rios

temporários do semiárido será efetivada com a retirada contínua de um volume de água equivalente a $26,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, que corresponde a 1,4 % da vazão garantida pela barragem de Sobradinho nos trechos do rio onde ocorrerão as retiradas de água. O Eixo Norte irá transportar água para os sertões de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte. O Eixo Leste beneficiará parte do sertão e as regiões agreste de Pernambuco e da Paraíba.

Este montante hídrico servirá ao abastecimento humano de 390 municípios localizados no agreste e sertão semiárido dos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Nos anos em que o reservatório de Sobradinho estiver vertendo, o volume captado poderá ser ampliado até $127 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, contribuindo para ampliação da garantia de água para múltiplos usos.

O Eixo Norte é construído a partir da captação de água no rio São Francisco próximo à cidade de Cabrobó – PE, seguindo por 400 km, conduzindo água aos rios Salgado e Jaguaribe, no Ceará; Apodi, no Rio Grande do Norte; e Piranhas/Açu, na Paraíba e Rio Grande do Norte. Foi dimensionado para uma capacidade máxima de $99 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, o Eixo Norte ficará em operação com uma vazão contínua de $16,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, destinados ao consumo humano. O Eixo Leste, com captação de água no reservatório da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, no município de Floresta – PE, construído com uma capacidade máxima de $28 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, funcionará com uma vazão contínua de $10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ disponibilizados para consumo humano e percorrerá 220 km até o rio Paraíba – PB, após deixar parte da vazão transferida nas bacias do Pajeú e do Moxotó, da região agreste de Pernambuco. Para atender as demandas do agreste pernambucano, está em construção um ramal de 70 km que interligará o Eixo Leste à bacia do rio Ipojuca - PE.

O benefício esperado da transposição é o atendimento das demandas hídricas da população que receberá parte da água do rio São Francisco. As demandas hídricas referem-se a áreas urbanas dos municípios beneficiados, distritos industriais, perímetros de irrigação e usos difusos ao longo dos canais e rios perenizados por açudes existentes que receberão águas da transposição do rio São Francisco. A expectativa é que o sistema de transposição esteja em pleno funcionamento entre 15 e 30 anos do início das obras.

O estudo de impacto ambiental e o relatório de impactos ao meio ambiente do projeto de transposição indica que poderá ocorrer modificação nos ecossistemas dos rios das bacias receptoras, alterando a população de plantas e animais aquáticos.

Novas espécies, que habitam as águas do São Francisco, serão introduzidas nos rios receptores. A criação de ambientes aquáticos distintos dos existentes e a alteração dos volumes de água nos rios receptores também promoverá uma seleção das espécies existentes nesses rios. Essa seleção entre as espécies exóticas e nativas das regiões receptoras pode impactar na redução de espécies nativas, com consequente diminuição da biodiversidade.

Potenciais impactos positivos são esperados em relação à saúde pública. Estima-se que ocorra uma redução de doenças e óbitos gerados pelo consumo de água contaminada ou pela falta de água. Para o número de internações provocadas por doenças de associação hídrica em 2025 é estimada uma redução em 14.000, de uma previsão de 53 mil na ausência do projeto.

Por outro lado, a transposição também poderá gerar determinadas alterações econômicas. Em 2005 a área total irrigada nas bacias receptoras foi de 73.577 ha; a previsão do Ministério do Desenvolvimento Regional é de que após a transposição essa região amplie sua área de irrigação, chegando a 265.270 ha em 2035.

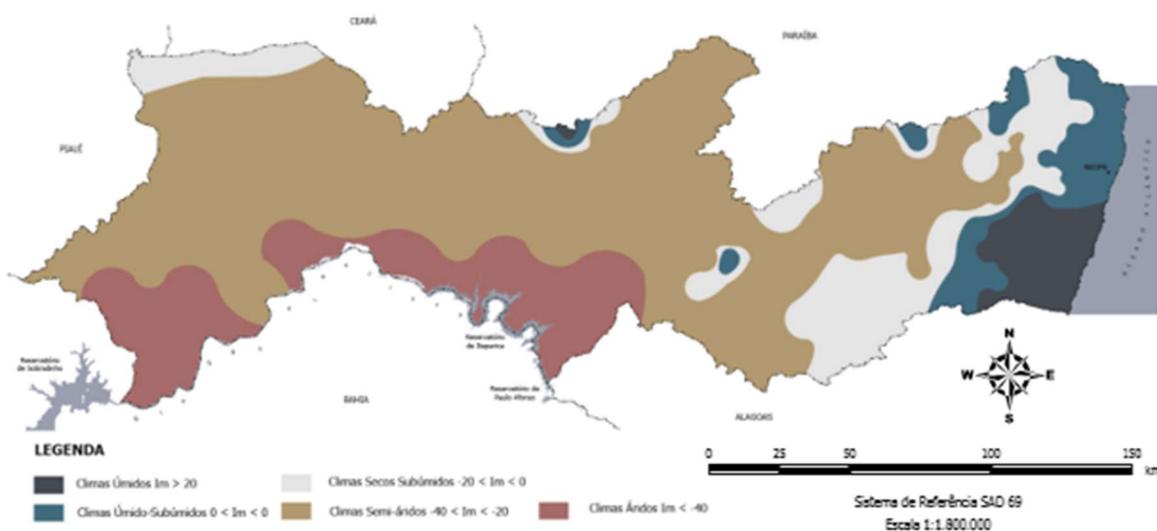
As secas e seus impactos

Ao longo de décadas a seca foi considerada um problema de falta de água, o que induziu enormes intervenções públicas em solução hidráulica. A primeira intervenção ocorreu após a seca no período de 1877 e 1879. Entretanto, só em 1909 com a criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), reestruturada em 1945 e denominado Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), é que as ações passaram a ser mais efetivas. O DNOCS investiu prioritariamente na construção de açudes para “solucionar” o problema das secas (ANDRADE e NUNES, 2017).

Do ponto de vista climático, Pernambuco apresenta-se com apenas 11 % do seu território (predominantemente na Zona da Mata e Região Metropolitana do Recife) classificado com clima úmido e subúmido de acordo com a classificação climática de Thornthwaite. Já o clima semiárido é predominante nas regiões do Agreste e Sertão, conforme Figura 5.

A heterogeneidade espacial e temporal, como também a intensidade das chuvas nas diferentes regiões fisiográficas do Estado, em muitos casos, confere condições extremas de secas e enchentes.

Figura 5. Classificação climática do Estado de Pernambuco.



Fonte: Josimar G. Fernandes.

Considerações finais

A água é o insumo básico para a agropecuária e a indústria, sendo também um elemento indispensável ao uso doméstico, que neste caso tem que atender refinados requisitos quantidade e qualidade. Quanto mais caro for o tratamento e fornecimento da água, maiores serão os custos de aquisição desse bem, maiores serão os impactos nos setores de produção e conseqüentemente maior será o custo de vida das pessoas.

O Brasil apresenta uma malha hídrica abundante quando comparado a outros países, porém é um país muito heterogêneo com relação à disponibilidade e uso dos recursos naturais a nível regional e estadual. Historicamente o Nordeste convive com a escassez de água a muitos anos e eventualmente tem enfrentado também períodos de enchentes. Pernambuco tem uma malha hídrica importante para abastecimento da população e apresenta grande avanço nas áreas de captação e distribuição de água à população. Porém, há necessidade de esforços quanto aos aspectos de sustentabilidade no uso das águas.

O uso racional dos recursos hídricos está atrelado à conscientização e a governança. Alertar a população quanto ao uso racional da água, um bem finito, será primordial para a mudança de atitude e para fomentar a consciência do consumo sustentável da água. É preciso mobilizar a sociedade quanto a necessidade do uso da água com parcimônia, bem como orientar as pessoas quanto as novas

possibilidades de reuso, fornecendo informações de caráter educativo sobre todos os aspectos, de forma a ampliar a aceitação e a adoção voluntária de novas tecnologias pela sociedade.

O Estado de Pernambuco, assim como o Brasil, ainda caminha na criação e adequação de políticas públicas para a solução de problemas relacionados ao fornecimento de água. Por outro lado, o crescimento populacional acelera e na mesma vertente avança o setor de produção agrícola. Neste sentido, as experiências de outros países como Israel, Índia e USA que já passaram por esta problemática poderá nortear a criação de estratégias de prevenção e solução de problemas para outras realidades.

Conhecer e entender como outros países enfrentaram suas questões de abastecimento de água, seja em termos de quantidade como de qualidade, dará subsídios às políticas públicas de gestão de recursos hídricos brasileiras para que não seja preciso agir sob as forças da urgência e emergência, onde qualquer medida de enfrentamento poderá ser árdua para a população e dispendiosa para a gestão pública.

A gestão de recursos hídricos brasileira é considerada um modelo avançado de gestão quando comparada a de outros países, sendo composta por instrumentos que admite uma gestão compartilhada dos mananciais, balizada por comitês de bacias hidrográficas, orientada por agências reguladoras e com uma legislação organizada de forma a permitir a componente democrática do uso das águas. Desta forma o governo do Estado tem amplas condições de seguir melhorando seus instrumentos, criando campanhas educativas e promovendo espaços de discussão e troca de experiências.

Referências

AL-ALSHAIKH, A. The World's largest desalination market: Saudi Arabia. *In: WATER REUSE AND DESALINATION FOR LATIN AMERICA DEVELOPMENT*, 2015, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: International Desalination Association - IDA, 2015.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Dessalinização de água do mar no litoral nordestino e influência da transposição de água na vazão do Rio São Francisco**. Brasília, 2005.

BURN, S. *et al.* **Desalination techniques**: a review of the opportunities for

desalination in agriculture. [S.l.: s.n.], 2015.

CAMBRAINHA, G. M. G. **Modelo para decisões estratégicas em abastecimento de água no agreste de Pernambuco**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2015.

CENSO AGROPECUÁRIO. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

COSTA, C. F. G. *et al.* Escoamento superficial em latossolo amarelo distrófico típico sob diferentes agroecossistemas no nordeste paraense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p.162–169, 2013.

FARIA, A. S. *et al.* Aproximação dos conceitos de gestão de recursos hídricos e produção limpa, utilizando a abordagem gestão de demanda. *In: CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 1., 2010, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: ABS, p. 1–5. 2010.

GUEDES, M. J. F.; RIBEIRO, M. M. R; VIEIRA, Z. M. C. Alternativas de gerenciamento da demanda de água na escala de uma cidade. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 2, p. 123–134, 2014.

KHAWAJI, A.D.; KUTUBKHANAH, I. K.; WIE, J.M. **Advances in seawater desalination technologies**. [S.l.: s.n], p. 47–69. (Desalination, 221). 2008.

LATTEMANN, S. *et al.* Sustainable water for the future: water recycling versus desalination. **Water Future**, v. 2, p. 7–39, 2010.

PARTON, W. J. *et al.* Scopegram group members. impact of climate change on grassland production and soil carbon worldwide. **Global Change Biology**, v. 1, n. 1, p. 13–22, 1995. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.1995.tb00002.x>> Acesso em: 25 set. 2020.

RÊGO, J. C. *et al.* Atribuições e responsabilidades na gestão dos recursos hídricos: o caso do açude Epitácio Pessoa/Boqueirão no Cariri paraibano. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRICOS*, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: ABRH, p.1–8. 2013.

ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (London). **Global water security an engineering perspective**. London: Royal Academy of Engineering, 38p. 2010.

SIDNEY DESALINATION PLANT. Disponível em:

<https://sydneydesal.com.au/regulatory-framework/> . Acesso em: 29 maio 2015.

SILVA, R. A. B. *et al.* Balanço hídrico em neossolo regolítico cultivado com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n.1, p.147-157, 2014.

SOARES, T. M. *et al.* Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 730–737, 2006.

SOUZA, C. *et al.* Balanço hídrico da cultura da mamona sob condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 3–10, 2013.

TENNE, A. Closing the gap the Israeli experience. *In: WATER REUSE AND DESALINATION FOR LATIN AMERICA DEVELOPMENT*, 2015, Rio de Janeiro. [S.l.: s.n.], 2015

WANG, X. J. *et al.* Adaptation to climate change impacts on water demand. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 21, n. 1, p. 81–99. 2016.

Capítulo 4

INFORMAÇÕES TÉCNICAS SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS

Antônio Raimundo de Sousa
José Nunes Filho
Sérvulo Mercier Siqueira e Silva
Josimar Gurgel Fernandes

Introdução

O Brasil apresenta uma diversidade muito grande do seu quadro natural. Compreende paisagens com chapadas, planaltos, depressões, baixadas, várzeas, dunas, restingas, mangues; florestas, cerrados, caatingas; solos de alta e baixa fertilidade natural, profundos, rasos; relevo plano, pouco movimentado e movimentado; clima quente e úmido, quente e seco, entre outras características. Com isso, é de suma importância a caracterização e espacialização dos diversos ambientes naturais que integram a região para subsidiar o planejamento de ações estratégicas para o desenvolvimento de propostas, projetos e/ou programas de intervenção no meio rural sustentável de acordo com suas vocações agroecológicas das diversas unidades geoambientais que integram as paisagens de cada região (ARAUJO FILHO *et al.*, 2000)

De acordo com informações contidas nos zoneamentos agroecológicos ocorre uma grande variação na composição dos ecossistemas. A diversidade de características (profundidade, cor, textura, granulometria, porosidade, estrutura, consistência, drenagem, pedregosidade, relevo e fertilidade natural) confere aos ambientes diferentes potencialidades de uso (CAVALCANTI *et al.*, 2008).

A utilização intensiva desses ambientes, sem considerar a diversidade e sem o manejo adequado, resulta na degradação dos solos, recursos hídricos e biodiversidade. Podem-se citar, como exemplos, desmatamentos, queimadas, preparo do solo de forma excessiva e no sentido morro abaixo, monocultura, uso de fertilizantes sem a recomendação através da análise química do solo, uso indiscriminado de agrotóxicos, exploração do solo acima de sua capacidade e ausência de práticas de manejo e conservação do solo e da água. Esses fatores aceleram a erosão do solo, provocando deformação do terreno (sulcos, voçorocas), perda de nutrientes e matéria orgânica, compactação, encrostamento, poluição,

inundação e assoreamento. Em função do exposto, verifica-se a importância de se explorar os solos de uma propriedade agrícola ou de uma pequena bacia hidrográfica de acordo com sua capacidade de uso ou aptidão agroecológica (SOUSA *et al.*, 2008).

Isto significa que as lavouras devem ser limitadas, tanto quanto permitam as condições de um uso sustentável. As áreas de maior declive, bem como, as mais intensamente erodidas ou sujeitas à erosão, deverão ser preservadas com uma boa cobertura vegetal e, em ambos os casos, utilizar as práticas de manejo e conservação do solo e da água. Assim, o agricultor deve ser orientado para obter um arranjo de lavouras, fruteiras, pastagens, matas, estradas, canais escoadouros e açudagem, em equilíbrio com a configuração do terreno, clima, natureza do solo e, tanto quanto possível, com a capacidade de uso da terra (SOUSA, 1995).

Para uma melhor orientação dos agricultores, com relação ao uso racional das terras, é fundamental planejar e implementar práticas de manejo e conservação do solo e da água, levando-se em consideração as características do ecossistema. Essas práticas devem ser adaptadas às condições locais, ser economicamente viáveis, socialmente aceitáveis e ambientalmente equilibradas, isto é, sustentáveis (SOUSA, 1995).

A estratégia de boas práticas agrícolas é orientada pelos princípios da sustentabilidade, o que significa que se trabalha criando condições para a renovação dos ciclos de crescimento, gerando valor e benefícios para todas as partes envolvidas, investindo na construção de relações de qualidade, na melhoria das condições de vida das comunidades e no manejo conservação de solos (SOUSA *et al.*, 2020). Deve-se dar importância as iniciativas que beneficiam a inclusão social, educação e preservação dos recursos naturais para conhecer melhor as iniciativas com responsabilidade social e ambiental.

Proteger o solo significa manter a sua capacidade de reproduzir a vida, como a troca de água, ar e calor, o armazenamento e a ciclagem de nutrientes, a decomposição da matéria orgânica, a regulação do fluxo de água influenciando o ciclo hidrológico (BERTOL *et al.*, 2019). A ciclagem de nutrientes, a promoção do crescimento de plantas, a biorremediação de ambientes poluídos e o controle biológico de pragas e doenças vegetais são algumas das funções que residem em meio à diversidade genética e metabólica dos microrganismos do solo (DIAS; BRIGIDO, 2013). Além disso, uma fantástica quantidade de genes com potencial biotecnológico, que podem gerar desde fármacos a enzimas para produção de

bioenergia, está disponível no solo para ser explorada de acordo com seu potencial produtivo.

Principais características da agricultura sustentável

A agricultura é uma das principais atividades econômicas da atualidade, sendo ela, a principal fonte de alimento para a população. Ao longo do tempo essa atividade vem evoluindo, acompanhando as transformações sociais, econômicas, políticas e ambientais proporcionadas pelas novas práticas tecnológicas, a fim de suprir as necessidades da população. Antes do surgimento da agricultura, era através da caça e da coleta de frutos e sementes que as pessoas conseguiam alimento. Foi daí que passaram a perceber que as sementes caídas no chão podiam gerar novas plantas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2002; ALBUQUERQUE *et al.*, 2005).

Com isso surge a primeira ideia de agricultura, objetivando permitir o aumento da oferta de alimento e melhorar o padrão de vida. A partir desta descoberta, a agricultura vem se aperfeiçoando e fazendo parte do cotidiano da população, a qual deixou de ir a busca do alimento e começou a cultivá-lo próximo a suas casas. Com isso, a agricultura passou a ser a fonte principal de alimento. Com a Revolução Verde em 1960, novas tecnologias passaram a ser implantadas com o intuito de subsidiar as produções agrícolas visando à erradicação da fome no mundo. Essas novas tecnologias, baseadas na utilização de máquinas e no aumento do uso de fertilizantes químicos, fizeram com que a agricultura atingisse elevados níveis de produção, passando a ser utilizadas por grande parte dos produtores rurais (BERTOL *et al.*, 2001; BERTOL; MARIA; SOUZA, 2019).

A partir de então, aumentou-se a exploração da natureza com a retirada de recursos, visando o aumento na produtividade, acarretando grande degradação ambiental, em especial, a degradação do solo devido a seu uso excessivo. O semiárido do Nordeste Brasileiro vem sofrendo com a pressão demográfica, exigindo uma demanda crescente de produtos agrícolas e florestais, levando a um acelerado aumento da produção agrícola, o qual tem sido feito às custas do desmatamento indiscriminado, com conseqüente degradação do solo (DIAS; BRIGIDO, 2013; LIMA *et al.*, 2016).

É preciso ressaltar que a combinação de procedimentos de uso e manejo do solo que resultem na sua proteção contra a deterioração por fatores naturais ou antrópicos é fundamental para manter os procedimentos de boas práticas agrícolas

com a necessidade de uma abordagem mais abrangente e integrada do manejo e conservação dos solos e água (LIMA *et al.*, 2016). Ao longo do tempo a agricultura tornou-se a principal fonte de alimento da população, acompanhando as transformações da sociedade. Com essa evolução a atividade agrícola vem causando grande degradação ambiental, principalmente a degradação do solo que é explorado excessivamente.

A degradação se agrava quando o solo está descoberto por ocasião das primeiras chuvas na região devido a suas características intrínsecas, associado ao desconhecimento do problema por parte dos agricultores, no desejo de retirar o máximo do rendimento de suas terras por conta das limitações de ordem econômica e social (LIMA *et al.*, 2016). Com base nisso, é preciso estudar o conhecimento sobre manejo e conservação do solo para cada localidade.

Assim, é fundamental apoiar os pequenos agricultores para que eles possam compreender o ambiente em que vivem e trabalham e para que saibam lidar com problemas relacionados ao clima de acordo com os sistemas produtivos de cada região (SOUSA *et al.*, 2020).

No semiárido pernambucano, as bacias hidrográficas são frequentemente exploradas com a agricultura de sequeiro, nas encostas, durante o período chuvoso, e com a pequena agricultura irrigada de base familiar nos vales aluviais (BORGES *et al.*, 2014).

Entre as práticas de manejo que diretamente influenciam o processo erosivo causado pela água da chuva, as operações de preparo do solo e semeadura das culturas ganham destaque, uma vez que elas determinam as condições físicas de superfície e subsuperfície do solo (BRITO *et al.*, 2012). Neste sentido, para regiões semiáridas, uma das práticas recomendadas é a utilização de cobertura morta, pela sua contribuição para o desenvolvimento das culturas, pela redução das perdas de água e conseqüentemente, diminuição da erosão superficial e manutenção da umidade do solo.

Algumas informações sobre agricultura de precisão

Há décadas, a tecnologia tem contribuído com soluções que modificam os processos nos mais diversos setores da economia. E o agronegócio não poderia ficar de fora. O trabalho no campo passou por muitas evoluções, e agora estamos na chamada Agricultura 4.0 ou Agricultura Digital, da biotecnologia, seguida pela

agricultura de precisão, chegando à alta conectividade. As novas ferramentas digitais modificam, aperfeiçoam e otimizam todas as etapas do ciclo produtivo. Isso traz redução de custos, maior produtividade, agilidade, segurança e sustentabilidade (BERTOL; MARIA; SOUZA, 2019).

Atualmente, na agricultura existe uma constante busca por métodos para se melhorar a produtividade dentro de um mesmo volume de área, para tal se faz uso de diversas tecnologias. Devido a essa constante busca e a necessidade de se obter dados de maneira rápida e precisa para diversas etapas do processo de produção (desde a análise do solo até identificação de pragas e doenças), o uso de drones e sensores remotos se torna cada vez mais importante e necessário. Em consequência disso, faz-se necessário o aperfeiçoamento, desenvolvimento e adaptação de novas ferramentas para armazenamento e análise dos dados obtidos (BERTOL *et al.*, 2001).

Por outro lado, no contexto de Agricultura Digital, temos a interligação do uso de agricultura de precisão com o monitoramento aéreo de lavouras através de drones, que embarcados com câmeras geram imagens da cultura. A agricultura de precisão é um sistema de gerenciamento agrícola que possibilita a detecção, manejo e a otimização na gestão da propriedade e que pode ser realizada através de muitas ferramentas disponíveis no mercado. A agricultura de precisão iniciou com a chegada de maquinários equipados com GPS, que permitem a coleta de dados para posterior geração de mapas de produtividade (MOLIM; AMARAL; COLAÇO; 2015).

Outras ferramentas surgiram com o tempo, como a coleta e análise de solo, para posterior geração de mapas de fertilidade e aplicação de nutrientes, impulsionados por isso foram lançadas novas máquinas equipadas com computador de bordo, onde são instalados softwares, tornando possível à aplicação de fertilizantes, defensivos e a semeadura a taxa variável. Aliado a agricultura de precisão, o uso de drones vem ganhando cada vez mais espaço na agricultura. São equipamentos embarcados com câmeras especiais de altíssima resolução e recursos de captação, que sobrevoam a área determinada e oferecem o panorama geral da plantação (MENDES; PADILHA JUNIOR, 2007).

Por meio de imagens aéreas os equipamentos podem detectar falhas nas plantações, áreas com falta ou excesso de água, locais onde há ataque de pragas e doenças, zonas de manejo para aplicação de fertilizantes e defensivos, mapas de plantio, curva de nível entre outras atividades. Tendo as imagens capturadas, iniciasse o trabalho de processamento remoto, onde com o auxílio de softwares as mesmas

são processadas com alta precisão. Analisando essas imagens é possível acompanhar a cultura durante todo o ciclo e realizar as devidas correções (BERTOL; MARIA; SOUZA, 2019).

Com tantas informações se faz necessário um ótimo sistema de armazenamento de dados, para isso a agricultura digital proporciona alguns softwares e páginas na web que possibilita ao cliente armazenar dados e assim ter um histórico da propriedade por várias safras. Portanto pode-se afirmar que a agricultura de precisão, o uso de drones, câmeras e softwares são algumas das vantagens da utilização da Agricultura Digital. Se utilizada de maneira correta às ferramentas proporcionadas pela tecnologia possibilita o acompanhamento total da propriedade. Nos últimos anos foram agregadas novas tecnologias que permitiram otimizar os resultados obtidos a partir das atividades de agricultura de precisão.

Essas soluções trazem agilidade e facilidade no manejo da lavoura e da propriedade como um todo. Além do mais, com a complexidade e competitividade da agricultura atual isso se torna cada vez mais fundamental no nosso processo de produção. Dessa forma, as tecnologias deverão se tornar ainda mais aliadas do produtor com a chegada da “agricultura 4.0”, como é denominada a agricultura de alta tecnologia com ferramentas digitais (MOLIM; AMARAL; COLAÇO, 2015).

Principais práticas de conservação do solo e da água

Inicialmente, é aconselhável verificar se a área a ser explorada não tem restrições legais para o uso agrícola. Deve-se evitar, tanto quanto possível, o desmatamento com trator de esteira, isto porque há uma remoção de nutrientes e matéria orgânica da superfície do solo, empobrecendo-o cada vez mais e afetando a sua capacidade produtiva. Por outro lado, a lâmina do trator faz pressão na superfície do solo, reduzindo a infiltração de água e a disponibilidade de nutrientes para as lavouras.

O desmatamento manual é o mais recomendado e consiste em fazer a derrubada com equipamentos manuais (foice, machado, chibanca), podendo-se fazer uso também do motosserra. Em seguida, retirar a madeira para aproveitamento como lenha, carvão, estacas, postes, serraria, entre outros. E o restante, encoivarar os vegetais para posterior queima controlada. É nessa fase que as práticas de controle da erosão do solo devem ser implementadas, sendo que as encostas com relevo forte ondulado a montanhoso e os drenos naturais não devem ser desmatados, para evitar

o assoreamento das áreas e o desgaste acentuado do solo. A época mais apropriada para efetuar o desmatamento é logo após o período chuvoso, quando o solo está com baixo teor de umidade (SOUSA *et al.*, 2008).

O fogo, ainda, é muito utilizado por agricultores e pecuaristas na limpeza de áreas recém-desbravadas, por constituir um procedimento de fácil execução para cumprir esta finalidade. Entretanto, muitos prejuízos advêm do seu uso, tendo em vista o fato de que a queima da matéria orgânica e a volatilização do nitrogênio concorrem para diminuição da fertilidade do solo e, conseqüentemente, causam a degradação das áreas cultivadas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Na operação de limpeza da área, a queima deve ser controlada, limitando-se o seu emprego a pequenas áreas distanciadas umas das outras, usando a prática de encoivramento. Contudo, deve-se fazer o isolamento da área com aceiros no terreno a ser queimado para evitar a passagem do fogo para outras áreas.

Ainda por ocasião de limpeza da área, nos solos que apresentam pedregosidade na superfície, as pedras podem ser removidas e arrumadas na forma de curva de nível, funcionando como obstáculo para o controle da erosão hídrica.

Uma das formas de maior utilização da mecanização é no preparo do solo, que tem como objetivo oferecer ambiente adequado para o crescimento e desenvolvimento das plantas, permitindo produção economicamente viável e controlando a degradação do solo.

O preparo do solo é uma prática eficiente para a melhoria da retenção de umidade e conseqüentemente no controle da erosão. Nesse sentido, as linhas de plantio são dispostas numa mesma altura/nível no terreno, contra o sentido do fluxo da água e atua como barreira retardando o arraste das partículas do solo pelo escoamento das águas pluviais, favorecendo a infiltração. Quando é feita isoladamente, seu uso restringe-se às áreas com até 3 % de declividade, sobretudo quando se cultiva lavouras intensivas. Em declives superiores a 3 % sua eficiência diminui, sendo necessária a associação com outras práticas de conservação do solo e da água, entre as quais, renques de vegetação permanente, terraceamento, cordões em contorno, entre outras.

O primeiro passo é fazer a locação das curvas de nível que irão orientar a direção do preparo do solo e do plantio. Ao se executar o preparo do solo é importante que sejam consideradas algumas informações sobre as características (textura, estrutura, profundidade, presença de camadas endurecidas, pedregosidade) e o

comportamento físico do solo (umidade ideal para realizar as operações de preparo, plantio e capinas). As condições de umidade do solo são adequadas quando o solo está úmido, porém, não encharcado. Solos muito secos desgastam o equipamento e pulverizam o solo, enquanto os solos muito úmidos provocam a patinação do trator e o trabalho é prejudicado.

A experiência tem mostrado que o excessivo uso de equipamentos de cultivo pode induzir o aparecimento de camadas endurecidas, compactadas e de baixa permeabilidade e que repetidas operações com equipamentos pesados afetam a estrutura do solo, compactando-os e, muitas vezes, reduzindo a sua profundidade efetiva para o crescimento das raízes, causando conseqüentemente, prejuízos ao rendimento das culturas. De modo geral, não utilizar equipamentos agrícolas em solo seco ou saturado.

Enfim, os trabalhos devem ser programados e executados de acordo com as normas de manejo e conservação do solo e da água, que são fundamentadas numa avaliação adequada da capacidade de uso da terra, evitando a degradação acelerada dos recursos naturais (HERNANI *et al.*, 2002). Muitos problemas de hoje têm sua origem na agricultura predatória, praticada em larga escala

Os renques de vegetação permanente são utilizados, especificamente, em áreas com 3 % a 5 % de declividade. Trata-se de prática conservacionista de caráter vegetativa, indicada para controle de erosão hídrica, que consiste em plantar faixas de vegetação de gramíneas, preferencialmente, de crescimento denso, em curvas de nível com largura de 1,5 a 2,0 m, fracionando-se o terreno em espaços calculados em função da sua declividade e da textura do solo tendo por finalidade reduzir a velocidade do escoamento das águas de chuva sobre o solo, diminuindo a quantidade de terra arrastada pelas enxurradas, possibilitando a deposição desses sedimentos transportados na área (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Em terrenos que apresentam maior declividade, os renques ou faixas de vegetação devem ser associados a outras práticas de manejo e conservação do solo.

Outra prática conservacionista de importância para o solo é o terraceamento que é formado pela combinação de um canal e um camalhão, construídos em distância apropriada no sentido transversal do declive, feito em curva de nível (solos profundos com boa capacidade de infiltração) ou em gradiente (solos pouco profundos e de baixa capacidade de infiltração), para conter as enxurradas, forçando a absorção da água da chuva pelo solo ou a drenagem lenta e segura do excesso de água. O

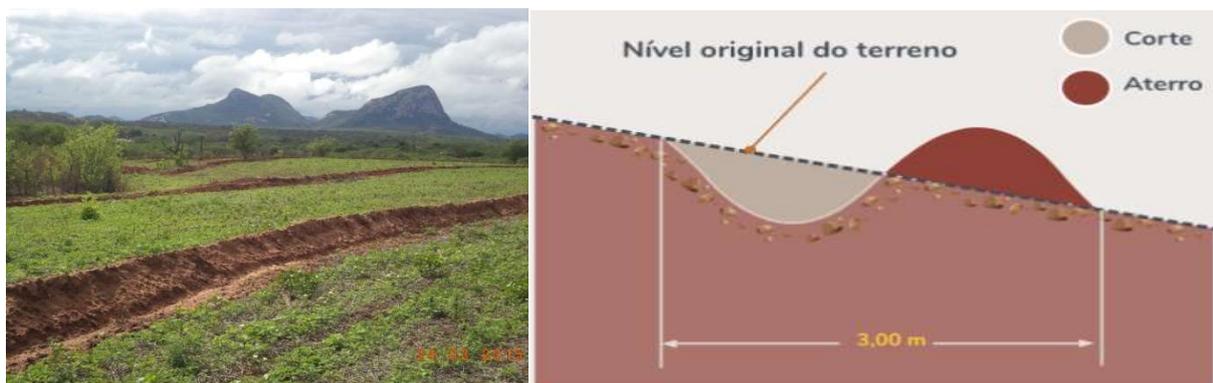
terraceamento é indicado para declives de até 20 % (BARUQUI; FERNANDES,1985) e deve ser construído onde práticas mais simples não sejam suficientes para o controle adequado da erosão.

No que se refere aos tipos de terraços, eles são classificados de acordo com a largura da faixa de movimentação de terra:

a) terraços de base estreita, também chamados cordões em contorno onde a movimentação de terra é feita numa largura de 2 a 3 metros, sendo usados em declives mais acentuados (Figura 1).

b) terraços de base larga – a faixa de movimentação de terra é de 6 a 12 metros (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). São viáveis apenas em solos profundos com declives suaves. Tem a vantagem de permitir o cultivo em praticamente toda a sua superfície e de facilitar a sua manutenção com operações normais de preparo do solo. De modo geral, o terraceamento deve ser feito, preferencialmente, para controlar o assoreamento, integrando-se com outras práticas conservacionistas complementares, tais como canais escoadouros, renques de vegetação e locação de estradas, formando um conjunto de técnicas que possibilitem a exploração racional e intensiva de uma gleba, sob a forma de planejamento geral da propriedade. Para manter a eficiência do sistema, deve-se fazer, periodicamente, a manutenção, que consiste em retirar do sulco a terra proveniente do assoreamento, colocando-a sobre o camalhão.

Figura 1. Terraço de base estreita ou cordão em contorno com detalhamento de um corte do solo e aterro.



Fonte: Betorni e Lombard Neto, 1990.

O plantio direto na palha é um sistema de conservação do solo que é feito sem que haja a aração e ou a gradagem do solo (Figura 2). Após a colheita, os restos da cultura anterior são deixados como cobertura do solo e o plantio é feito diretamente

com máquinas especiais, que abrem um pequeno sulco de profundidade e largura suficientes para garantir o contato da semente com o solo. As plantas invasoras são controladas por meio de herbicidas, sendo as capinas mecânicas dispensadas, para evitar o revolvimento do solo (SATURNINO; LANDERS, 1997).

É um sistema eficiente no controle do processo erosivo com menor perda de solo, água, sementes e fertilizantes, em virtude de manter os resíduos vegetais sobre a superfície e promover a mobilização mínima do solo, que por sua vez, favorece a infiltração da água da chuva e diminui a velocidade do escoamento superficial.

A Rotação de culturas é uma prática que consiste em alternar, num mesmo terreno, diferentes culturas em uma sequência de acordo com um plano previamente definido. A ideia é não se repetir durante muito tempo uma cultura no mesmo local. Ele é fundamentado no conceito de que uma cultura extrai do solo, para seu desenvolvimento, maiores ou menores quantidades de determinados nutrientes. E, também, por possuírem diferentes sistemas radiculares, que exploram profundidades variáveis de solo, contribuindo, desta forma, para a manutenção de sua fertilidade natural. Para se estabelecer um plano racional de rotação é necessário considerar diversos fatores, tais como; características morfológicas e fisiológicas das culturas, clima, natureza do solo, mão-de-obra, máquinas e implementos agrícolas disponíveis, além do mercado.

Figura 2. Plantio direto na palha na cultura do milho no Sertão de Pernambuco.



Fonte: Antonio Raimundo de Sousa.

Essa prática é realizada com a finalidade principal de manter a produtividade do solo. No entanto, outras vantagens adicionais podem ser esperadas, tais como melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, aumentar a quantidade de matéria orgânica, reduzir as perdas por erosão, promover a produção diversificada de alimentos, auxiliar no controle de ervas daninhas, doenças e pragas, além de organizar a distribuição das culturas na propriedade agrícola de acordo com a aptidão agroecológica de sua propriedade (SOUSA *et al.*, 2008).

Indicam-se as leguminosas mucuna preta, feijão-de-porco (Figura 3), feijão guandu e lab-lab por serem as mais promissoras para a região semiárida. Elas têm boa produção de massa verde e capacidade de fixação, pelas bactérias *Rhizobium*, do nitrogênio da atmosfera, como também extraem nutrientes das camadas subsuperficiais do solo, reciclando-os. Como prática de adubação verde, o corte, seguido da incorporação, é feito na época da floração e as leguminosas devem ser plantadas consorciadas com o milho, por exemplo, o que permite diminuir os custos de produção. No caso de recuperação de áreas degradadas, os adubos verdes devem ser mantidos na gleba por alguns anos, antes de cortados e incorporados. Para isto, recomenda-se o feijão guandu.

Figura 3. Adubação verde com feijão-de-porco entre fileiras de goiaba



Fonte: Souza; Pires, 2003.

A adubação verde consiste na semeadura de plantas capazes de fixar nitrogênio atmosférico e a incorporação ao solo de plantas especialmente cultivadas para esse fim ou de outras vegetações cortadas quando ainda verde para serem incorporadas ao solo. Tem como finalidades proteger o solo contra a erosão,

diminuindo o impacto direto das gotas de chuva e o escoamento superficial da água pelo o solo, além de melhorar as suas condições físicas, por meio do aumento dos teores da matéria orgânica, favorecendo a porosidade do solo devido a presença de raízes mais profundas e volumosas, elevando assim, a fertilidade natural que ficará mais rico em nutrientes (SOUSA *et al.*, 2008).

A cobertura morta que consiste em se fazer uma cobertura na superfície do solo numa camada de aproximadamente 0,02 m de espessura (Figura 4). Esta técnica é utilizada, principalmente, em sementeiras e canteiros para o cultivo de hortaliças e no sistema de plantio direto e tem como principais vantagens: evitar a queima acelerada da matéria orgânica, conservar e preservar a fertilidade e a umidade do solo, dificultar o desenvolvimento de plantas invasoras, proteger o solo contra o impacto direto das gotas de chuva e controlar o escoamento superficial das enxurradas e, conseqüentemente, aumentar o rendimento das culturas.

Figura 4. Detalhe de um experimento com a palma forrageira cultivado com o solo sob cobertura morta e exposto, montado na Estação Experimental de Serra Talhada.



Fonte: Sérvulo Mercier Siqueira e Silva.

Principais práticas de manejo de solos salinos

Devido à existência de sais no solo e nas águas de irrigação, ocorre o risco de incremento da concentração de sais solúveis, de sódio trocáveis e de íons tóxicos para as plantas, o que pode comprometer a sustentabilidade da agricultura irrigada.

A aplicação de práticas adequadas de manejo de solo – água – planta contribui para minimizar esses problemas, garantindo a manutenção da produtividade agropecuária. Além disso, atualmente, existem ferramentas que permitem avaliar e simular os perigos da salinização do solo e prever o rendimento das culturas para as diferentes regiões, principalmente, do semiárido brasileiro (MEDEIROS; NASCIMENTO; GHEYI, 2010).

A qualidade da água, frequência de irrigação, permeabilidade do solo, sistema de drenagem, preparo do solo, incorporação de resíduos orgânicos, uso de fertilizantes e manejo da cultura, são fatores a serem considerados, tanto no manejo de solos normais, sob condições de irrigação como na recuperação de solos com problemas de sais e sódio (FULLER, 1979).

Em se tratando, de melhorar o manejo dos solos sódicos, tem sido mencionado por vários autores o efeito danoso deste elemento nas propriedades físico-químicas, principalmente, na camada arável das áreas irrigadas e também, o uso de métodos, físicos e químicos, associados a lixiviação de sais, de forma natural ou pela ausência de sistemas de drenagem.

A aplicação de produtos à base de cálcio ou formadores deste cátion no solo visa aumentar a flocculação das partículas de argila e silte, conseqüentemente melhorar o fluxo da água de lavagem na direção dos drenos. O gesso agrícola é o mais utilizado na recuperação de solos afetados por sódio, devido seu baixo custo, especialmente, quando as jazidas se encontram mais próximas das áreas a serem recuperadas, barateando o transporte. Também, deve ser considerada a reatividade do produto, que depende do teor de cálcio e de sua granulometria. A aplicação de gesso melhora substancialmente a qualidade das soluções dos solos, precipitando os carbonatos solúveis e propicia relações $\text{Na}^+ / \text{Ca}^{+2}$, mais favoráveis à adsorção do cálcio com maior facilidade; conseqüentemente aumenta a velocidade de infiltração de água, permitindo um bom regime de umidade e nutricional ao solo (ABROL; BHUMBLA, 1979).

Para que ocorra o processo de recuperação dos solos, salinos-sódicos e sódicos, com maior eficiência, se faz necessário melhorar a drenagem natural do solo, através da subsolagem perpendicular a direção dos drenos parcelares.

A prática da drenagem requer conhecimentos técnicos, materiais, equipamentos e recursos financeiros facilmente acessíveis. No entanto, nas condições semiáridas do Nordeste, muitas vezes, a quantidade de água é limitada para se realizar a sobre irrigação ou a lavagem convencional de sais, por isto, torna-se quase inviável a drenagem agrícola para os pequenos agricultores familiares do Nordeste.

A necessidade de recuperação de solos afetados por sais é fundamental, haja visto que o recurso solo tem se tornado cada vez importante, quando se pretende manejar adequadamente os diversos sistemas produtivos, mantendo a sustentabilidade do ambiente.

O uso de plantas para fitoextração de sais evidencia a possibilidade de recuperação dos solos degradados pela salinidade e sodicidade por agricultores familiares, especialmente, aqueles com reduzidos recursos financeiros e técnicos, devido à facilidade e o baixo custo para implementação dessas práticas. Nesse sentido, o Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA nas Estações Experimentais de Ibimirim e Belém do São Francisco (NUNES FILHO *et al.*, 2015a) realizaram trabalhos de pesquisa com esse objetivo cujos resultados foram divulgados e repassados as comunidades rurais, para que elas observem a relação custo/benefício destas tecnologias *in situ*.

A fitorremediação é uma estratégia de biorremediação que consiste de procedimentos que envolvem o uso de plantas e sua microbiótica associada a atenuantes do solo, além de práticas agronômicas que, se aplicadas em conjunto, removem, imobilizam ou tornam os contaminantes inofensivos ao ecossistema.

A técnica de recuperação de solos afetados por sais envolve ação direta das plantas ou indireta, pelo estímulo à microbiótica rizosférica por diversos processos: fitoextração, fitodegradação, fitoestimulação e fitoestabilização (ACCIOLY; SIQUEIRA, 2000). Existem inúmeras espécies/variedades de plantas halófitas e ou muito tolerantes à salinidade, que acumulam sais em sua parte aérea, e também apresentam razoável produção de matéria vegetal, além de servir de alimento forrageiro, com teores de fibra e proteína bruta dentro dos padrões exigidos para a produção animal (NUNES FILHO *et al.*, 2017). Embora muitas dessas plantas halófitas não sejam difundidas no Brasil, podem ser objetos de pesquisas futuras pois já são encontrados resultados promissores, com boas produções de matéria seca em curto período de tempo, sob irrigação. Mesmo nas plantas perenes, podem-se realizar

vários cortes, fornecendo forragem, visando à alimentação animal e recuperação o solo, de forma permanente (FREIRE *et al.*, 2010).

A fitoextração por gramíneas forrageiras tropicais foram avaliadas como plantas acumuladoras e extratoras de sais em solos irrigados do Sertão de Pernambuco. Observou-se que, num solo Neossolo Flúvico eutrófico salino na Estação Experimental de Ibimirim IPA - PE, algumas espécies/genótipos se destacaram na produtividade de matéria seca (MS) e redução dos teores de sais solúveis e sódio trocável (NUNES FILHO *et al.*, 2015b). Neste estudo, constatou-se que o Capim elefante/Napier (*Pennisetum purpureum* Schum), Sorgos forrageiros: IPA - SF e IPA 467 (*Sorghum bicolor* L.) e Capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) apresentaram potencialidade para o cultivo em solos salino – sódico, com boa drenagem natural, numa profundidade de até 60 cm com irrigação em sulcos nivelados, utilizando água de baixa salinidade, obtendo uma diminuição de sódio trocável (NUNES FILHO *et al.*, 2003 e 2005).

Por outro lado, estudos sobre o manejo e recuperação de solos afetados por sais realizados na Estação Experimental de Belém do São Francisco IPA – PE, em Neossolos Flúvicos, mostraram que houve maiores percentagens de reduções da salinidade do solo na camada de 0 – 30 cm (NUNES FILHO *et al.*, 2003 e 2005).

Desta forma, necessidade de recuperação de solos afetados por sais é fundamental, haja visto, que o recurso solo tem se tornado cada vez importante, quando se pretende manejar adequadamente os diversos sistemas produtivos, mantendo a sustentabilidade do ambiente (NUNES FILHO *et al.*, 2017). Nesse sentido, estes resultados devem ser divulgados, repassados e inseridos nas comunidades rurais para que as mesmas observem a relação benefício/ custo destas tecnologias *in situ*.

Referências

ABROL, I. P.; BHUMBLA, D. R. Crops responses to differential gypsum and in a highly sodic soil and the tolerance of several crops to exchangeable sodium under field conditions. **Soil Science**, v. 127, n. 2, p. 79–85, 1979.

ACCIOLY, M. A. A.; SIQUEIRA, J. O. **Contaminação química e biorremediação do solo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; SHAEFER, C. E. (ed.). Tópicos em Ciência do

Solo. Viçosa: Volume I. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa: UFV, p. 299–352. 2000.

ALBUQUERQUE, A. W. *et al.* Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 136–141, 2002.

ALBUQUERQUE, J. A. *et al.* Manejo e Conservação do Solo e da Água. Avaliação de Sistemas de Preparo e Calagem em um Latossolo Bruno Alumínico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 963–975, 2005.

ARAÚJO FILHO, J. C. *et al.* **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos/UEP Recife; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa, 11). 1 CD-ROM. 252 p. 2000.

BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 128, p. 55–68, 1985.

BERTOL, I. *et al.* Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 3, p. 555560, 2001.

BERTOL, I.; MARIA, I. C.; SOUZA, L. S. **Manejo e conservação do solo e da água**. 1. ed. Viçosa: SBCS, 2019. 1355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 3. ed. São Paulo: Icone, 355p. 1990.

BORGES, T. K. DE S. *et al.* Influência de Práticas Conservacionistas na Umidade do Solo e no Cultivo do M (*Zea Mays* L.) em Semiárido Nordestino. Comissão 3.3 - Manejo e conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1862-1873, 2014.

BRITO, L. T. L. *et al.* Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 102–109, 2012.

CAVALCANTI, F. J. A. *et al.* **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco (2ª aproximação)**. 3. ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, 212p. 2008.

DIAS, N. A.; BRÍGIDO, A. C. M. **Manejo e conservação do solo e da água**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 292p. 2013.

FREIRE, M. B. G. S.; SOUZA, A. R.; FREIRE, F. J. Fitorremediação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 459–471.

FULLER, W. H. Management of saline soils. **Outlook on Agriculture**, v. 10, p. 13–20, 1979.

HERNANI, L.C. *et al.* A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 47–60. 2002.

LIMA, L. C. M. *et al.* Práticas de manejo e conservação do solo: Percepção de agricultores da região Semiárida pernambucana. **Revista Verde**, v. 11, n. 4, p. 158–163, 2016.

MEDEIROS, F. M.; NASCIMENTO, I. B.; GHEYI, H. R. Manejo do solo – água – planta em áreas afetadas por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, p. 279–302. 2010.

MENDES, J. T. G.; PADILHA JUNIOR, J. B. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. 1. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2007. 384p.

MOLIM, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO A. R. **Agricultura de precisão**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 224p. 2015.

NUNES FILHO, J. *et al.* Gramíneas forrageiras tropicais em solo salino - sódico, sob irrigação, no Vale do Rio Moxotó – Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 14, n. especial, p. 19–24, 2003.

NUNES FILHO, J. *et al.* Recuperação de solos salinos sob diferentes manejos utilizando capim-Tanzânia irrigado. In: INOVAGRI International Meeting, **Anais...CD ROM**, Fortaleza, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7127/iv-inovagri-meeting-2017-res3730571>. Acesso em: 18 ago. 2021.

NUNES FILHO, J. *et al.* Fitoextração de sais do solo por capim-angola irrigado no vale do São Francisco, Pernambuco. **IRRIGA, [S. l.]**, v. 1, n. 2, p. 67–73, 2015a. Disponível

em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2033>. Acesso em: 18 ago. 2021.

NUNES FILHO, J. *et al.* Gramíneas forrageiras irrigadas na recuperação de solos salinos, no Vale do Moxotó - Ibimirim – PE. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO*, 30, 2005. **Anais [...] CD-ROM**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2005.

NUNES FILHO, J. *et al.* Utilização do capim–corrente irrigado para recuperação de áreas degradadas por sais no Estado de Pernambuco. *In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING*, 3, 2015. **Anais [...] CD ROM**, Fortaleza: INOVAGRI, p. 602–609. 2015b.

SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. **O meio ambiente e o plantio direto**. Brasília: Embrapa, 116p.1997.

SOUSA, A. R. **Solos da planície aluvial do Vale do Pajeú em Serra Talhada (PE): ambiente agrícola e uso da terra**. 1995. 145p.Tese (Doutorado em ciência do solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1995.

SOUSA, A. R *et al.* Ambiente agrícola e uso da terra para o cultivo de feijão-caupi no Semiárido de Pernambuco. **Cadernos do Seminário**, v. 17, n. 3., p. 21–26, 2020.

SOUSA, A. R. *et al.* **In: Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. 2. ed. Recife: IPA, v.1. 212p. 2008.

Capítulo 5

CONTROLE DE DOENÇAS NA PERSPECTIVA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Regina Ceres Torres da Rosa
Luciana Melo Sartori Gurgel
Andréa Cristina Baltar Barros

Introdução

Os cenários propostos para as mudanças climáticas mostram tendências positivas coerentes na temperatura global e menos coerentes em relação aos ciclos de água, incluindo a precipitação (IPCC, 2018). Modelos de projeção indicam alterações climáticas na região Nordeste do Brasil para 2010-2050, com aumento mais rápido dos máximos diários de temperatura. Em Pernambuco os dados de temperatura e precipitação apontam para processos de aridificação em alguns municípios (Caruaru e Araripina). O Estado é considerado "ponto de acesso" em relação às mudanças climáticas, principalmente por sua vulnerabilidade a eventos extremos de seca e chuva (LACERDA *et al.*, 2015). No Nordeste a temperatura média do ar poderá aumentar de 3,3 °C a 3,8 °C no período de 2071-2100, sendo desfavorável às epidemias, enquanto a previsão de variação da precipitação pluviométrica é de 0,04 a -0,21 mm/dia, mantendo-se favorável (GHINI *et al.*, 2011; HAMADA *et al.*, 2011).

É importante amenizar os impactos gerados pelas mudanças climáticas através de estratégias sustentáveis para que possam aumentar a produção agrícola com menor pressão ambiental. De acordo com Bettiol e Ghini (2011) a ideia absoluta da agricultura sustentável pode ser impossível de ser aplicada na prática, sendo importante estudos direcionados as relações biológicas e aos fatores que afetam o equilíbrio dos sistemas produtivos. Neste contexto, o controle de doenças de plantas provoca alterações que comprometem a sustentabilidade do ambiente. O desafio é desenvolver uma proteção de plantas eficaz, através do entendimento da ação direta e indireta do clima, tanto sobre os patógenos quanto sobre as plantas hospedeiras, bem como na interação de ambos (GHINI *et al.*, 2011; ANGELOTTI; HAMADA, 2017). Segundo Jesus Júnior *et al.* (2003) importantes doenças podem se tornar secundárias, caso as condições ambientais não sejam favoráveis, ou em ambiente extremamente favorável às secundárias podem se tornar importantes, além disso, as

distribuições geográficas e temporais da doença serão alteradas (SIEGENTHALER *et al.*, 2016). Desta forma, as medidas adotadas pelos agricultores para gerenciar efetivamente as doenças também serão adaptadas a essa nova realidade, bem como a viabilidade dos sistemas de cultivo específicos em determinadas regiões (ELAD; PERTOT, 2014; SIEGENTHALER *et al.*, 2016). Na agricultura sustentável e produtiva é necessário buscar o Manejo Integrado de Doenças de Plantas – MID como ferramenta para obter maior eficiência dos diferentes métodos de controle adotados, principalmente, o químico, biológico e de resistência do hospedeiro.

O controle químico na agricultura é uma das principais medidas utilizadas pelos agricultores no MID, sendo fundamental quando estão esgotados todos os outros métodos. Esse tipo de controle é afetado diretamente pelas mudanças climáticas, principalmente no que se refere à duração, intensidade e frequência das precipitações (GHINI, 2008). Entretanto é um método eficaz, com resultados imediatos e consistentes, e comparado a outras medidas de controle, é menos afetado pelas mudanças climáticas (GUINI, 2011).

Com as alterações climáticas a biodiversidade natural é modificada, genótipos vegetais são perdidos, e patógenos tornam-se mais ativos e prejudiciais, porque suas áreas geográficas se expandem. Esta interferência nos eventos biológicos naturais, nas fases de evolução e interação entre plantas e patógenos, gera consequências na pressão de seleção sobre as populações hospedeiras com mudanças dos genes de resistência presentes (DIXON, 2012). A demanda atual por expansão da produção de alimentos mostra a necessidade de um melhor entendimento das interações entre plantas, patógenos e meio ambiente, e como este conhecimento pode ser aplicado em um programa de melhoramento visando à resistência durável e efetiva, capaz de reduzir os danos causados e aumentar a produtividade (THUROW *et al.*, 2018). O uso de variedades resistentes é uma ferramenta que não oferece riscos à saúde humana, de custo relativamente baixo e não polui o ambiente (BARRETO; ZAMBOLIM, 2018).

No caso do controle biológico (natural ou induzido) estima-se que as mudanças climáticas influenciarão a constituição e o comportamento da comunidade microbiana. Isto se deve a vulnerabilidade das populações de patógenos usadas no manejo de doenças de plantas, as variações ambientais e aos eventos climáticos extremos (WONG, 2002). Entretanto, prever os efeitos das mudanças climáticas sobre o controle biológico é difícil, dada complexidade e quantidade de interações existentes.

No entanto, decerto a vulnerabilidade dos ACBs será maior com as alterações climáticas, uma vez que esse é um dos problemas de aplicabilidade dos antagonistas. Além disso, outras estratégias como a de atrasar ou antecipar plantios poderão tornar-se menos confiáveis. Assim, no manejo de doenças de plantas os métodos deverão ser adaptados em função das mudanças climáticas (GARRETT *et al.*, 2006).

Controle biológico

O controle biológico envolve o uso de organismos benéficos, de seus genes e/ ou de produtos como metabólitos que reduzem os efeitos negativos dos fitopatógenos e promovem respostas positivas da planta (JUNAID *et al.*, 2013). Os biocontroladores são componentes importantes no manejo integrado de doenças quer seja sustentável ou não, servindo como alternativa aos produtos químicos, e podem ser usados só ou combinado com outro método de controle. Os Agentes de Controle Biológico (ACBs) são microrganismos de diferentes grupos destacando-se os fungos e bactérias.

Em geral, os mecanismos de ação desses microrganismos antagônicos no biocontrole, são via competição (por espaço, nutrientes e pelo elemento ferro); produção de compostos antifúngicos, voláteis e de enzimas hidrolíticas; parasitismo; indução de resistência; resposta oxidativa e produção de toxina killer (LIU *et al.*, 2013; FERRAZ *et al.*, 2016; SPADARO; DROBY, 2016; CUNHA *et al.*, 2018). O sucesso ou não desse controle depende de interações complexas entre o ACB, o organismo alvo, a planta hospedeira, outras espécies de organismo e o ambiente. Portanto, não é de surpreender que, além da eficácia de controle ser variável, o sucesso do biocontrole no campo tem sido limitado apesar de muito esforço da pesquisa (XU *et al.*, 2011).

Nos últimos anos, o ambiente tem se tornado um dos fatores imprescindíveis na interação patógeno – hospedeiro – ACB. Segundo Coakley *et al.* (1999) os microrganismos, como os antagonistas e demais agentes de biocontrole (naturais ou introduzidos) são altamente dependentes dos fatores ambientais, e suscetíveis às alterações climáticas. Estima-se que as mudanças climáticas influenciarão a constituição e o comportamento da comunidade microbiana, ocasionando assim modificações na saúde das plantas. Além disso, essas podem elevar as faixas de alcance e modificar eficácia dos ACBs introduzidos e seus alvos (SIMBERLOFF, 2012).

Na parte aérea das plantas, os ACBs sofrem ação direta de diferentes intempéries climáticas, principalmente da temperatura, umidade e radiações, além da

interferência da poluição, aplicação de agrotóxicos, fitohormônios, fertilizantes entre outros, que podem reduzir a sua eficácia. Esses fatores afetam principalmente a aplicação do biocontrolador, devido à vulnerabilidade do ACB (GARRETT *et al.*, 2006). Assim, o sucesso do controle biológico de patógenos na parte aérea das plantas é parcial e limitado quando comparados com o de patógenos causadores de doenças do sistema radicular (WARWICK, 2001).

Em muitos casos, a variação de intensidade e quantidade do regime de chuvas pode afetar não apenas o patógeno, mas também o ACB e a interação dos mesmos. Segundo Ghini *et al.* (2011), o aumento da precipitação pluviométrica permite uma maior dispersão de propágulos por gotas de chuva. No entanto, a redução do número de dias de chuva durante o verão, por exemplo, pode diminuir a dispersão de diversos patógenos. Por outro lado, doenças como os oídios são favorecidas por condições de baixa umidade. Fica claro que não se pode generalizar, pois cada patossistema requer condições favoráveis específicas. Estudos para verificar o efeito do regime de chuva e da hora de aplicação de *Acremonium vittelinum* e *Acremonium persicinum* no controle da lixa-do-coqueiro mostraram que as aplicações realizadas no período chuvoso vespertino apresentaram melhores resultados (WARWICK, 2001). Porém, não há informações para a maioria dos agentes de biocontrole.

Indicativos mostram os efeitos benéficos do CO₂ sobre planta hospedeira, porém não se sabe se esses efeitos permanecerão na presença de patógenos ou outros fatores limitantes, particularmente em países tropicais (GHINI *et al.*, 2011). Esses autores afirmam que estudos em condições controladas podem não refletir as respostas das plantas em campo, onde existem variações e interações entre temperatura, precipitação e outras variáveis. Mendes (2009) analisou o efeito do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o controle biológico da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*) por meio da esporulação do patógeno e da severidade da doença em discos foliares. Os agentes de biocontrole *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* e *Lecanicillium longisporum* foram aplicados 24 h antes e após, e simultaneamente à inoculação do patógeno, mantidos em condições controladas com fotoperíodo de 12 h, a 22 °C e 100 % de umidade relativa em diferentes concentrações de CO₂ (380, 430, 700, 1300 ppm).

O aumento da concentração de CO₂ não afetou os antagonistas *B. subtilis*, *B. pumilus* e *L. longisporum*. A aplicação de *Bacillus subtilis* para o controle da ferrugem foi mais eficaz quando feita antes e simultaneamente à inoculação do patógeno. Carbó

et al. (2018) examinaram o efeito da interação da temperatura (25 °C a 35 °C), umidade relativa – UR (40 % a 80 %) e CO₂ (400, 1000 ppm) no estabelecimento temporal e na viabilidade de duas formulações secas e uma líquida de *Candida sake* CPA-1 em superfícies de uva, concluíram que o aumento da temperatura (35 °C) e a baixa UR (40 %) reduziram as populações viáveis do ACB nas uvas. Já a interação com níveis elevados de CO₂ melhorou o estabelecimento de populações viáveis das formulações testadas. Populações viáveis superiores a Log 4 CFU/g foram recuperadas das superfícies da uva, sugerindo que essas tinham resiliência conservada para o controle da podridão de *Botrytis*.

Felede *et al.* (2020) realizaram simulações com o modelo de biocontrole de doenças foliares cujos resultados indicam que os ACBs podem ser mais eficazes no controle do patógeno alvo por longos períodos, e sob uma variedade de condições climáticas, se tiverem uma alta capacidade de sobrevivência. Assim essa característica deve ser levada em consideração na seleção e formulação de um biocontrolador. Os autores ressaltam que as condições e previsões climáticas devem ser consideradas na hora da aplicação do agente de biocontrole em campo.

Os agentes de biocontrole de patógenos veiculados pelo solo poderão sofrer com as alterações das condições climáticas, devido a modificações nos aspectos fundamentais do solo tais como disponibilidade de nutrientes, aumento da temperatura e, dependendo da região, redução na umidade do solo. Além disso, a mudança das condições abióticas afetará o microclima circundante das plantas e a suscetibilidade dessas à infecção. A distribuição de patógenos no solo também é impulsionada pelos regimes de temperatura e precipitação. Portanto a sazonalidade climática também afeta a densidade de patógenos no solo conseqüentemente a ocorrência da doença pode mudar.

A temperatura pode afetar a eficácia das aplicações do ACB como foi observado por Wei *et al.* (2017) que, ao avaliar como a variação da temperatura ambiental se correlaciona com a capacidade de *Ralstonia pickettii* de suprimir o patógeno *Ralstonia solanacearum*, durante diferentes safras de tomate na China, mostraram que a supressão do patógeno era mais alta quando as temperaturas médias sazonais estavam em torno de 20 °C e diminuía rapidamente com o aumento das temperaturas médias das safras. Para entender o que estava acontecendo foi medido o crescimento e força de competição entre o ACB e o patógeno sob diferentes gradientes de temperatura (15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C e 37 °C), concluindo-se que

cepa do ACB cresceu relativamente mais rápido em faixas de baixa temperatura e o patógeno em faixas de alta temperatura, semelhante aos experimentos de campo, onde a supressão de patógenos atingiu o pico de 20 °C. Innocenti *et al.* (2015) demonstraram que a capacidade de biocontrole do *Trichoderma harzianum* (T22) contra a murcha de fusário de alface (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*) não foi afetada pelas condições de umidade do solo consideradas extremas para o crescimento das plantas.

O uso deste ACB diminuiu a gravidade da doença em 57 % e 78 % em condições secas e úmidas, respectivamente. Além disso, a biomassa da planta foi aumentada ao usar o T22 em ambos os níveis de umidade. Os autores, também, destacam que o solo é um sistema muito complexo e o efeito da umidade no crescimento e na saúde das plantas depende de muitos fatores, incluindo a adaptabilidade de organismos benéficos a diferentes regimes de umidade.

Para os nematoides, as variações nos regimes de água podem influenciar a duração de um evento parasitário, isto é, a fase de infecção ou a reprodução em uma estação, afetando diretamente o número total dos mesmos. Grandes quantidades de água no solo aumentarão a dispersão de nematoides e a provável extinção local. Da mesma forma, maior ou menor incidência de secas afetará tanto a sobrevivência do campo inóculos, quanto à frequência de parasitismo por espécies aquáticas ou fungos nematófagos ou o tempo gasto no solo por juvenis, procurando por sítios de penetração de raiz disponíveis (COLAGIERO; CIANCIO, 2011).

Coakley *et al.* (1999) afirmam que o efeito direto da elevação da concentração de CO₂ na microbiota do solo é improvável pois, normalmente, estão expostas a níveis 10 a 15 vezes maiores do que a concentração de CO₂ atmosférico. Contudo esse efeito pode ser indireto como foi observado por Grüter *et al.* (2006) que verificaram, após a exposição à concentração de 600 ppm de CO₂, por cinco anos, alterações na diversidade de plantas, e essas, conseqüentemente, podem promover alterações da composição bacteriana do solo (tipos de bactérias e frequência de ocorrência). Os autores, também, observaram que a exposição ao CO₂ não alterou quantitativamente a comunidade de bactérias do solo.

Os efeitos indiretos da poluição atmosférica na fisiologia da planta afetam os nematoides. Foram observadas interações sinérgicas entre ozônio ou SO₂ e *Meloidogyne incognita* no tomate, pois foram encontrados níveis mais altos de dano colateral em plantas infestadas por nematóides. O ozônio, no entanto, reduziu o

desempenho reprodutivo de *M. incognita*, com menor número de ovos e massas em 50 e 100 ppb (KHAN; KHAN, 1997).

Compreender a capacidade dos patógenos de lidar com estresse abiótico na parte aérea (WONG, 2002) e no solo pode, potencialmente, orientar os planos de manejo da doença (MANICI *et al.*, 2014). Além disso, a busca de novas alternativas no controle de fitopatógenos que possam dar suporte ao manejo integrado e sustentável de doenças, em substituição aos químicos, proporciona o aumento nos estudos de bioprospecção de ACBs (SILVA, 2019) e de agentes alternativos, como resíduos orgânicos e indutores de resistência (BANDI *et al.*, 2012; PUERARI *et al.*, 2013), e a identificação de metabólitos bioativos (SONG *et al.*, 2016; BAILLY e WEISSKOPF, 2017; SILVA *et al.*, 2020; HAARITH *et al.*, 2020). A capacidade dos agentes biológicos e de derivados microbianos já foi bem documentada e se transformou em produtos agronômicos (por exemplo, Mycostop® e Rhizoplus®, utilizando espécies de *Bacillus*; Biocon® e Ecofit®, com *Trichoderma* sp. ativo ou Cerall® e Proradix® contendo *Pseudomonas* sp.), mas o desenvolvimento de tecnologias derivadas de compostos orgânicos voláteis – COVs está em fase inicial (BAILLY; WEISSKOPF, 2017).

Resistência genética de plantas

As variedades resistentes constituem ferramentas essenciais para o uso no MID, reduzindo os danos causados por patógenos, com ganhos em produtividade (DALLAGNOL, 2018). A resistência genética de planta a patógenos utiliza diversos mecanismos de defesa, de forma isolada ou simultânea, variando de acordo com o tipo de agente patogênico e o modo de infecção, que podem ser constituintes morfofisiológicos da planta ou induzidos à produção após a detecção do microrganismo (DALLAGNOL; ARAÚJO FILHO, 2018). É importante destacar que na natureza a maioria dos patossistemas existentes sofreu mudanças genéticas, que ocasionaram coevolução em longo prazo do hospedeiro e do patógeno, com alta diversidade genética entre populações (MICHELMORE *et al.*, 2013). No processo de coevolução o ambiente favorece as cultivares e também os patógenos, com maior frequência dos genótipos nas regiões que apresentam condições favoráveis ao seu desenvolvimento (HAMADA; GHINI, 2015).

A evolução do patógeno em resposta aos genes do hospedeiro, com a supressão da resistência de plantas é um dos maiores desafios no melhoramento

genético de doenças (THUROW *et al.*, 2018). Para o desenvolvimento de estratégias de uso de genes visando à resistência durável, é fundamental o entendimento da genética e das forças evolutivas que controlam as populações dos fitopatógenos (McDONALD, 2014; CERESINI, 2018). O potencial evolutivo é consequência da estrutura genética populacional, determinada pela sua história evolutiva, e das interações dos fatores evolucionários que afetam as populações do patógeno: mutação, tamanho de população e deriva genética, fluxo gênico, reprodução e seleção. Entender os processos que governam a evolução do patógeno para suplantar a ação dos genes de resistência das plantas pode ajudar na geração de novas cultivares (THUROW *et al.*, 2018).

Entretanto o ambiente é um componente relevante neste processo evolutivo, uma vez que para a ocorrência de uma doença é necessário à interação de um hospedeiro suscetível, um patógeno virulento e fatores ambientais favoráveis (AGRIOS, 2005). A análise do efeito do ambiente sobre o crescimento e a suscetibilidade da planta hospedeira, como também da multiplicação, disseminação e sobrevivência do patógeno é fundamental para avaliar as medidas de adaptação destes e evitar prejuízos futuros (GHINI, 2005). De acordo com Mittler (2006) o calor e a seca poderão ativar rotas de defesa que induzam resistência ou ocasionem suscetibilidade das plantas a patógenos. Temperaturas elevadas aumentam o estresse hídrico na planta, acarretando mudanças no metabolismo e na síntese de proteínas, e na expressão de genes de resistência pela planta.

O sistema de defesa de plantas é ativado após o reconhecimento de sinais da presença do patógeno através de dois caminhos, aqueles desencadeados por padrões moleculares associados aos patógenos (PAMPs), e por efetores (ETI) (JONES *et al.*, 2006). Os PAMPs são reconhecidos por receptores PRRs localizados na superfície da membrana celular ou interior da célula, que desencadeiam uma cascata de transdução de sinais ativando a resposta de defesa (HOGENHOUT *et al.*, 2009). Neste caminho de defesa as plantas têm uma resposta rápida e eficiente para vários patógenos (ROUX *et al.*, 2014).

Entretanto, patógenos sob pressão de seleção desenvolvem efetores para evitar o reconhecimento, ocasionando doença. Mas, nesta constante e indefinida “corrida armamentista”, as plantas desenvolvem novos genes de resistência para detectar os efetores e ativar os mecanismos de defesa (HOWDEN; HUITEMA, 2012). Este ciclo é infinito na interação planta-patógeno (DALIO, 2014).

De acordo com Wang *et al.* (2009) é necessário esclarecer se o efeito da temperatura é na forma de reconhecimento ou na atividade dos componentes de sinalização da defesa. Estudos sobre o efeito da temperatura na resistência genética de plantas a patógenos ainda são restritos (ANGELOTTI *et al.*, 2017). Em alguns patossistemas foi observado ineficácia da indução de resistência em temperaturas superiores a 30 °C, sendo dependente também do tempo de ocorrência da mesma (VELÁSQUEZ *et al.*, 2018).

O reconhecimento do efector AvrRpt2 de *Pseudomonas syringae* não ativou respostas de defesa em plantas de *Arabidopsis* mantidas em temperaturas de 28 °C, por um período de 21 dias (Wang *et al.*, 2009). No entanto, Menna *et al.* (2015) verificaram indução de resistência quando as plantas permaneceram por um dia em temperatura de 28 °C. Na avaliação de acessos de arroz (*Oryza glaberrima*) para resistência a *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* sob alta temperatura, 35 °C dia e 31 °C noite, verificou-se aumento da resistência nestas condições, com a redução do comprimento da lesão da doença, sugerindo que a tolerância ao estresse abiótico melhorou sua resposta ao estresse biótico (DOSSA *et al.*, 2016). Plantas de *Arabidopsis* submetidas a temperaturas diárias de 28 °C por 15 minutos induziram maior expressão gênica para indução de resistência (CHENG *et al.*, 2013).

Pesquisas realizadas com a cultura do trigo mostraram que populações do patógeno *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, com maior tolerância a temperaturas altas, causaram doenças em plantas com genes de resistência Yr8 e Yr9 (GARRETT *et al.*, 2009). Plantas de trigo com o gene de resistência Sr6 para *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, mantidas a temperatura de 27 °C foram suscetíveis ao patógeno (MOERSCHBACHER *et al.*, 1989). Resultados similares foram observados por Wright *et al.* (2000), o gene N de resistência ao vírus do mosaico em plantas de fumo não apresentou atividade em temperaturas acima de 27 °C. Em soja, a elevação da temperatura promoveu o aumento da severidade de *Cercospora kikuchii* enquanto que reduziu a *Diaporthe phaseolorum*, mostrando uma variação entre temperatura e patossistema (UPCHURCH; RAMIREZ, 2011). O gene de resistência Rlm6 presente em plantas de canola não é eficaz para o controle do cancro da haste causado por *Leptosphaeria maculans*, em temperatura acima de 25 °C (HUANG *et al.*, 2006).

O conhecimento do efeito da temperatura na resposta dos genes de resistência de plantas é de fundamental importância para definir as cultivares indicadas para as diferentes regiões e condições climáticas, bem como determinar o

potencial de adaptação das plantas sobre mudanças na pressão do patógeno. É um desafio para os pesquisadores estudarem o efeito das alterações de temperatura sobre os genes de resistência do hospedeiro versus o efeito da virulência do patógeno (GARRET *et al.*, 2006; ANGELOTTI *et al.*, 2017).

Del Ponte *et al.* (2008) analisaram os riscos de epidemias da ferrugem-asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), sob cenário de mudanças climáticas no Brasil, e concluíram que no Norte e Nordeste as altas temperaturas serão desfavoráveis às epidemias. No entanto, a resposta vai depender do patossistema em que a temperatura poderá ou não influenciar, ou mesmo reduzir os riscos de epidemias (LOPES, 2017). De acordo com Gioria *et al.* (2008), na cultura do tomate, alterações de temperatura serão desfavoráveis a incidência dos patógenos *Phytophthora infestans*, *Verticillium albo-atrum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, porém não terá influência sobre *Tomato mosaic virus* (ToMV) e *Septoria lycopersici*.

Outra variável de importância, avaliada nos estudos de projeções, é a umidade relativa, que tem ação sobre uma ampla gama de patógenos, especialmente para aqueles que colonizam a parte aérea das plantas, com efeito na produção de esporos, disseminação local e sobrevivência (ANGELOTTI *et al.*, 2017). Pesquisas indicam que variações de umidade irão interferir no desenvolvimento da doença, modificando a resistência do hospedeiro, com novas interações entre patógeno-hospedeiro, e novas estratégias de manejo (ANGELOTTI; HAMADA, 2017). De acordo com os mesmos autores, planta e patógeno respondem de diversas formas ao déficit hídrico, favorecendo ou não a ativação dos mecanismos de defesa, e ao desenvolvimento do patógeno.

Trabalhos têm evidenciado a influência da umidade sobre a ativação dos genes de defesa das plantas. Ramos (2010) verificou que bactérias não patogênicas são favorecidas pela umidade das folhas, com o aumento da concentração de células bacterianas, promovendo uma melhor ação de defesa em plantas de *Arabidopsis*, feijão e fumo. Em condições de umidade do ar acima de 95 %, plantas de tomate não ativaram defesas em resposta aos efetores de *Cladosporium fulvum* (WANG *et al.*, 2005).

Com relação ao aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, tem sido observada a ação deste, promovendo alterações nos ciclos de vida dos patógenos e das plantas. De acordo com Fones e Gurr (2017) a combinação dos estresses abióticos (temperatura, umidade e CO₂) com poluentes (NO_x atmosférico), poderão

alterar a sinalização e a resposta de defesa das plantas contra patógenos. Área foliar, diâmetro do caule e espessura das folhas, são características influenciadas pelos níveis de CO₂, e envolvidas na expressão da resistência de plantas, principalmente em relação aos patógenos foliares (PRITCHARD *et al.*, 1999). Pangga *et al.* (2004) relatam que altos níveis de CO₂ podem impedir a resistência induzida à medida que as plantas têm uma aceleração do crescimento. No entanto, altas concentrações de CO₂ não tiveram influência sobre a resposta de plantas resistentes de *Stylosanthes scabra*, quanto ao desenvolvimento da antracnose (CHAKRABORTY *et al.*, 2000).

Com a adaptação e variabilidade do patógeno, a perda de resistência pode ocorrer a qualquer momento, sendo necessária a busca contínua por novos genes de resistência, entre materiais cultivados e selvagens, como forma de conter a doença no futuro, principalmente nas mudanças climáticas (DOSSA *et al.*, 2016). Ferramentas moleculares e de expressão gênica tem tornado possível determinar os mecanismos de defesa e avaliar as reações das plantas, aumentando a capacidade de prever o comportamento das doenças de plantas em condições climáticas futuras (EASTBURN *et al.*, 2011).

Controle químico

O controle químico de doenças de plantas é uma importante estratégia a ser utilizada em um manejo de doenças de plantas, visando garantir altas produtividades e qualidade de produção. Entretanto em um ambiente sustentável é fundamental o uso do produto de forma correta, conforme recomendação do rótulo, e às peculiaridades de suas propriedades, para reduzir impactos ambientais e riscos à saúde do agricultor (SCORZA JÚNIOR, 2015). Mesmo sendo o menos afetado pelas mudanças climáticas, se comparado a outros métodos de controle de doenças de plantas, o controle químico pode sofrer efeitos diretos no que se refere ao aumento dos preços dos produtos; duração, intensidade e frequência das precipitações (GHINI, 2008); período de molhamento foliar, intensidade luminosa, efeito do vento, temperatura e umidade relativa do ar, além do tempo de exposição, absorção e translocação, cobertura e redistribuição do produto na planta, afetando a eficácia dos produtos (JESUS JÚNIOR *et al.*, 2007).

Estudos sobre o uso de agrotóxicos e as mudanças climáticas, foram realizados nos Estados Unidos da America – EUA, verificando os impactos econômicos dos gastos com esses produtos no clima futuro (CHEN; MCCARL, 2001). Estes autores

realizaram uma análise de regressão entre o uso de agrotóxicos e as variações do clima em diferentes localidades dos EUA, com diversas culturas (milho, algodão, batata, soja e trigo), e fungicidas (chlorotalonil, mancozeb, maneb e metalaxyl), e concluíram que há uma relação direta entre a incidência de doença e gastos com controle químico. Um exemplo clássico da influência climática sobre o controle químico de doenças de plantas ocorreu na década de 1990, com a cultura da batata na Finlândia.

O clima se tornou favorável à disseminação do patógeno, aumentando a incidência da doença requeima da batata, que levou a um aumento nas vendas de fungicidas, de até quatro vezes entre o ano de 1980 a 2002 (HANNUKKLA *et al.*, 2007). Nos piores cenários, várias culturas podem exigir taxas mais altas de aplicação dos agrotóxicos, aumentando assim os custos para os agricultores, preços para os consumidores e possível resistência dos patógenos aos químicos (JUROSZEK; VON TIEDEMANN, 2013).

Alterações futuras ambientais no Brasil devem resultar em mudanças no consumo de fungicidas nas diversas culturas. Com base nas estimativas dos modelos climáticos globais futuro, de uma forma geral, ocorrerá redução da umidade relativa do ar e da precipitação, com aumento da temperatura média e radiação solar (HAMADA *et al.*, 2008), que poderá levar a redução da lavagem dos fungicidas, e melhorar sua eficácia. Para fungicidas protetores, a ocorrência de chuvas intensas promove a lavagem do produto e, conseqüentemente, a redução da eficácia (FOWLER; HENNESSY, 1995).

Por outro lado, fortes chuvas podem causar a redistribuição dos ingredientes ativos na folha e na planta, como maior eficácia dos fungicidas sistêmicos, uma vez que a maioria destes fungicidas é prontamente absorvida e possuem maior resistência ao efeito das chuvas (GHINI, 2008). Schepers (1996) verificaram aumento da eficácia do fungicida sistêmico fluazinam no controle de *Phytophthora infestans* em batata, após ocorrência de precipitação. Esses estudos demonstram que as interações de frequência e intensidade de precipitação e dinâmica de fungicidas são complexas.

A redução da umidade relativa do ar também poderá influenciar o controle químico, diminuindo a redistribuição dos fungicidas protetores, fato importante para garantir uma melhor cobertura da superfície da planta (GHINI, 2008).

O MID com a utilização de agrotóxicos poderá sofrer profundas alterações com as mudanças climáticas (STRAND *et al.*, 2000). A dinâmica residual de fungicidas na

parte área das plantas e a degradação dos produtos químicos, por exemplo, poderão ser modificadas pelo clima por duas formas. Uma seria a mudança na temperatura e precipitação, alterando a dinâmica de resíduos de fungicida na parte aérea da cultura. E a outra através das mudanças morfológicas ou fisiológicas das plantas em resposta ao aumento de CO₂, que afetariam a absorção, translocação e metabolismo de fungicidas sistêmicos e, conseqüentemente, na eficácia desses produtos químicos (COAKLEY, 1995).

A temperatura e a umidade relativa do ar podem ocasionar maiores ou menores níveis de perdas de fungicidas, devido à evaporação, pois estes fatores afetam a duração das gotas do produto sobre a planta. Com o aumento da temperatura média e a redução da umidade do ar previstas nos cenários futuros, poderão ocorrer elevadas perdas por evaporação, restringindo ainda mais os horários adequados para a aplicação de produtos químicos durante o dia (JESUS JÚNIOR *et al.*, 2008). Os mesmos autores ainda citam que a pulverização noturna poderá ser uma alternativa bastante viável para contornar a baixa umidade do ar e as altas temperaturas que ocorrerão durante o dia. Porém, aqueles produtos que dependem de luz para atuar no interior das plantas, podem ser comprometidos.

O aumento da temperatura média poderá provocar fitoxidez em algumas culturas, devido à aplicação de determinados princípios ativos. Ferrazo *et al.* (2007) avaliaram o efeito do fungicida piraclostrobina na cultura do mamão em diferentes horários de aplicação. Os autores observaram que as aplicações do fungicida realizadas em horários quentes do dia, provocaram maior fitotoxidez quando comparadas a aplicações efetuadas em horários amenos, independentemente da dose aplicada.

As altas temperaturas também podem trazer efeitos positivos ao controle químico. O aumento da temperatura de 5 para 25 °C aumentou oito vezes a toxicidade de 1,2 dibromoetano (EDB) e de 4,4 a 4,7 vezes atividade do 1,3-D (1,3 dicloropropeno) ao nematóide *Meloidogyne javanica* (MCKENRY; THOMASON, 1974). Segundo Young e Steffem (2007), o maior prejuízo das alterações climáticas tende a concentrar-se onde a temperatura já é muito alta, que é o caso das regiões Norte e Nordeste do Brasil. No Semiárido nordestino, o problema das secas tenderá a ficar ainda mais dramático, visto que a elevação da temperatura pode reduzir a precipitação nestes locais, afetando mais ainda as culturas.

A aplicação dos produtos químicos poderá ser afetada também pela ocorrência de ventos fortes, principalmente quando se pensa em deriva. O vento aumenta a deriva na pulverização, resultando em exposição extra dos operadores aos pesticidas e na contaminação de áreas próximas ao campo pulverizado (GATTO; CABELLA; GHERARDI, 2016). Por isso, para aumentar a eficácia dos produtos e reduzir as perdas no momento da aplicação, deve-se investir em novas tecnologias de aplicação de agroquímicos, para acompanhar tais mudanças previstas.

Determinados defensivos podem ser afetados positiva ou negativamente pelo aumento da radiação solar. Isso porque esses produtos podem ser ativados ou inativados (fotólise da molécula) no interior das plantas, dependendo do princípio ativo. A intensidade luminosa pode causar injúria nas folhas, devido ao efeito lente de aumento, pois a luz do sol se intensifica sobre o produto recém-aplicado (gotas aderidas) ou devido à fitotoxicidade nas folhas, pela concentração do ingrediente ativo (JESUS JÚNIOR *et al.*, 2008).

Em cenários futuros de mudanças climáticas, principalmente no cenário do Semiárido brasileiro, alterações na temperatura e na umidade relativa do ar, podem exercer influência no controle químico de plantas (CAVALCANTE JÚNIOR *et al.*, 2018). Qualquer modificação na ocorrência de doenças, em uma determinada cultura, provoca reflexos imediatos na comercialização dos produtos químicos para o seu controle. Assim, alterações no mercado de agrotóxicos irão ocorrer decorrentes do aparecimento de novas doenças, bem como do aumento ou diminuição da importância de determinados patógenos.

Novas tecnologias deverão ser empregadas, tanto na fabricação de novos produtos químicos, bem como no desenvolvimento de métodos de aplicação dos produtos fitossanitários, visando reduzir perdas e otimizar o uso destas substâncias. A intensificação de pesquisas sobre a relação das mudanças climáticas com MID poderá elucidar os reais impactos destas complexas alterações, que possivelmente ocorrerão no futuro.

Considerações finais

Os impactos das mudanças ambientais sobre as doenças de plantas e seu controle foram pouco estudados. A análise das alternativas de adaptação dos métodos de manejo de doenças é estratégica para o agronegócio nacional e pernambucano. Diante dos possíveis efeitos das alterações climáticas em relação aos

agentes de controle biológico, as opções de controle químico, e as cultivares resistentes de plantas, novas estratégias deverão ser estudadas. Estas estratégias, também, devem levar em consideração o desenvolvimento sustentável. A integração de várias áreas da ciência é necessária para acelerar o entendimento das bases moleculares, epidemiológicas e ecológicas das doenças de plantas e desenvolver soluções eficazes e duráveis para prevenir e gerenciar as doenças de plantas mais relevantes a âmbito nacional e regional.

Referências

AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**, 5 ed. London, UK: Elsevier. 2005.

ANGELOTTI, F.; GHINI, R.; BETTIOL, W. Como o aumento da temperatura interfere nas doenças de plantas? In: BETTIOL, W. *et al.* (Ed.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 116–146.

ANGELOTTI, F.; HAMADA, E. Efeito do déficit hídrico sobre a ocorrência de doenças de plantas. In: BETTIOL, W. *et al.* (Ed.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 144–158.

BARRETO, E. L. S.; ZAMBOLIM, L. Manejo de espécies de *Meloidogyne* e *Heterodera glycines* na cultura da soja. In: ZAMBOLIM, L. **Subsídios para produção integrada**. Viçosa, MG, UFV, CEAD, 2018. p.77–87.

BETTIOL, W.; GHINI, R. Impacts of sewage sludge in tropical soil: a case study in Brazil. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2011, n. 1, p. 1–11, 2011.

CARBÓ, A. *et al.* Impact of climate change environmental conditions on the resilience of different formulations of the biocontrol agent *Candida sake* CPA-1 on grapes. **Letters Applied Microbiology**, v. 67, n. 1, p. 2–8, 2018.

CAVALCANTE JÚNIOR, E. G. *et al.* Necessidade hídrica da cultura do milho influenciada pelas mudanças climáticas no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, p. 251–262, 2018.

CERESINI, P. C. Estrutura genética de populações, abordagens analíticas e estratégias de manejo durável de doenças baseadas no potencial evolutivo de fitopatógenos. In: Dallagnol, L. J. (Org.). **Resistência genética: de plantas a patógenos**. Pelotas: Ed. UFPel, 2018. p.103–125.

CHAKRABORTY, S. *et al.* Production and dispersal of *Colletotrichum gloeosporioides* spores on *Stylosanthes scabra* under elevated CO₂. **Environmental Pollution**, v. 108, n. 3, p. 381–387, 2000.

CHEN, C-C; McCARL, B. A. An investigation of the relationship between pesticide usage and climate change. **Climatic Change**, v. 50, n. 4, p. 475–487, 2001.

CHENG, C. *et al.* Plant immune response to pathogens differs with changing temperatures. **Nature Communications**. v. 4, p. 2530, 2013.

COAKLEY, S. M. Biospheric change: will it matter in plant pathology? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 17, p. 147–153, 1995.

COAKLEY, S. M.; SCHERM, H.; CHAKRABORTY, S. Climate change and plant disease management. **Annual Review of Phytopathology**, v. 73, p. 399–426, 1999.

COLAGIERO, M.; CIANCIO, A. Climate changes and nematodes: Expected effects and perspectives for plant protection. **Journal of Zoology**, v. 94, p. 113–118, 2011.

CUNHA, T. *et al.* Antifungal activity and action mechanisms of yeasts isolates from citrus against *Penicillium italicum*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 276, p. 20–27, 2018.

DALIO, R. J. D. *et al.* Efeitores nas interações planta-patógeno. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 22, p. 25–68, 2014.

DALLAGNOL, L. J. **Resistência genética: de plantas a patógenos**. Pelotas: Ed. UFPel, 2018. 437 p.

DALLAGNOL, L. J.; ARAÚJO FILHO, J. V. Uma visão geral da resistência genética da planta a microrganismos. *In*: DALLAGNOL, L. J. **Resistência genética: de plantas a patógenos**. Pelotas: Ed. UFPel, 2018. p. 13–64.

DEL PONTE, E. *et al.* Análise de risco de epidemia de ferrugem asiática da soja sob cenário de mudança climática no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 34 (Suplemento), p. S.42, 2008.

DIXON, G. R. Climate change – impact on crop growth and food production, and plant pathogens. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 34, n. 3, p. 362–379, 2012.

DOSSA, G. S. High temperature enhances the resistance of cultivated African rice, *Oryza glaberrima*, to bacterial blight. **Plant Disease**, v. 100, n. 2, p. 380–387, 2016.

EASTBURN, D. M.; MCELDRONE, A. J.; BILGIN, D. D. Influence of atmospheric and climatic change on plant– pathogen interactions. **Plant Pathology**, v. 60, p. 54–69, 2011.

ELAD, Y.; PERTOT, I. Climate change impacts on plant pathogens and plant diseases. **Journal of Crop Improvement**, v. 28, p. 99–139, 2014.

FEDELE, G. *et al.* A Generic Model Accounting for the Interactions among Pathogens, Host Plants, Biocontrol Agents, and the Environment, with Parametrization for *Botrytis cinerea* on Grapevines. **Agronomy**, v. 10, n. 2, p. 1–21, 2020.

FERRAÇO, M. *et al.* Avaliação do fungicida comet (piraclostrobina) na cultura do mamão em relação ao manejo quanto ao volume de calda e temperatura na aplicação. In: MARTINS, D.; COSTA, A.N.; COSTA, A.F.S. **Papaya Brazil** - manejo, qualidade e mercado do mamão. Vitória: Incaper, 2007. p. 483–486.

FERRAZ, L. P. *et al.* Biocontrol ability and putative mode of action of yeast against *Geotrichum citri-aurantii* in citrus fruit. **Microbiological Research**, v. 188, p. 72–79, 2016.

FONES, H. N.; GURR, S. J. NO_xious gases and the unpredictability of emerging plant pathogens under climate change. **BMC Biology**, v. 15, p. 1–9, 2017.

FOWLER, A. M.; HENNESSY, K.J. Potential impacts of global warming on the frequency and magnitude of heavy precipitation. **Natural Hazards**, v. 11, p.283–303, 1995.

GARRETT, K. A. *et al.* Climate change effects on plant disease: Genomes to ecosystems. **Annual Review Phytopathology**, v. 44, p. 489–509, 2006.

GARRETT, K. A. *et al.* Plant pathogens as indicators of climate change. In: LETCHER, T. (Ed.). **Climate change: observed impacts on planet Earth**. Amsterdam: Elsevier, 2009. p. 425–437.

GATTO, M. P.; CABELLA, R.; GHERARDI, M. Climate change: the potential impact on occupational exposure to pesticides. **Ann Ist Super Sanità**, v. 52, n. 3, p. 374–385, 2016.

GHINI, R. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre o controle químico de doenças de plantas. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Org.). **Mudanças climáticas:**

impactos sobre doenças de plantas no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 323–331.

GHINI, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2005.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. Impacto das mudanças climáticas sobre as doenças de plantas. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. p. 15–40.

GIORIA, R.; BRUNELLI, K. R.; KOBORI, R. F. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças de tomate no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 93–118.

GRÜTER, D.; SCHMID, B.; BRANDL, H. Influence of plant diversity and elevated atmospheric carbon dioxides level on belowground bacterial diversity. **BMC Microbiology**, v. 6, p. 68–75, 2006.

HAARITH, D.; BUSHLEY, K. E.; CHEN, S. Fungal communities associated with *Heterodera glycines* and their potential in biological control: a current update. **Journal of Nematology**, v. 52, p. 1–17, 2020.

HAMADA, E. *et al.* Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Org.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 25–73.

HAMADA, E.; GHINI, R. Mudanças climáticas e seus impactos sobre a distribuição de pragas agrícolas. In: SUGAYAMA, R. L.; LOPES-DA-SILVA, M.; SILVA, S. X. B.; RIBEIRO, L. C.; RANGEL, L. E. P. (Ed.). **Defesa vegetal: fundamentos, ferramentas, políticas e perspectivas**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Defesa Agropecuária, 2015, p. 433–447.

HANNUKKALA, A. O. *et al.* Lateblight epidemics on potato in Finland, 1933–2002; increased and earlier occurrence of epidemics associated with climate change and lack of rotation. **Plant Pathology**, v. 56, p. 167–176, 2007.

HOGENHOUT, S. A. *et al.* Emerging concepts in effector biology of plant-associated organisms. **Molecular Plant-Microbe Interact.**, v. 22, n. 2, p. 115–122, 2009.

HOWDEN, A. J.; HUITEMA, E. Effector-triggered post-translational modifications and their role in suppression of plant immunity. **Front Plant Science**, v. 3. p. 160, 2012.

HUANG, Y. J. *et al.* Temperature and leaf wetness duration affect phenotypic expression of Rlm6-mediated resistance to *Leptosphaeria maculans* in *Brassica napus*. **New Phytologist**, v. 170, p. 129–141, 2006.

INNOCENTI, G.; ROBERTI, R.; PIATTONI, F. Biocontrol ability of *Trichoderma harzianum* strain T22 against *Fusarium* wilt disease on water-stressed lettuce plants. **BioControl**, v. 60, p. 573–581, 2015.

THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for policymakers. *In*: MASSON-DELMOTTE, V. *et al.* (eds.). **Global warming of 1,5 °C: special report**. Geneva: World Meteorological Organization, 2018. 32 p.

JESUS JUNIOR, W. C. *et al.* Efeito do clima na eficiência dos fungicidas empregados no manejo de doenças de plantas. *In*: ZAMBOLIM, L. *et al.* (Org.). **Produtos fitossanitários: fungicidas, inseticidas, acaricidas e herbicidas**. Visconde do Rio Branco: Suprema, p. 27–76. 2008.

JESUS JÚNIOR, W. C. *et al.* Clima como fator determinante no manejo de doenças de hortaliças. *In*: ZAMBOLIM, L. *et al.* (Org.). **Manejo integrado de doenças e pragas em hortaliças**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2007. p. 1–76.

JESUS JUNIOR, W. C. *et al.* Sistemas de auxílio à tomada de decisão no manejo de doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 11, p.133–193, 2003.

JONES, J. D.; VANCE, R. E.; DANGL, J.L. Intracellular innate immune surveillance devices in plants and animals. **Science**, v. 354, p. aaf6395, 2016.

JUNAID, J. M. *et al.* Commercial Biocontrol Agents and Their Mechanism of Action in the Management of Plant Pathogens. **International Journal of Modern Plant & Animal Sciences**, v. 1, n. 2, p.39–57, 2013.

JUROSZEK, P.; VON TIEDEMANN, A. Climate change and potential future risks through wheat diseases: A review. **European Journal of Plant Pathology**, v. 136, p. 21–33, 2013.

KHAN, M. R.; KHAN, M. W. Effect of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, on the sensitivity of tomato to sulfur dioxide and ozone. **Environmental and Experimental Botany**, v. 38, p. 117–130, 1997.

LACERDA, F. F. *et al.* Long-term temperature and rainfall trends over Northeast Brazil and Cape Verde. **Journal of Earth Science & Climatic Change**, v. 6, n. 8, p.1–8, 2015.

LIU, J. *et al.* Review: utilization of antagonistic yeasts to manage postharvest fungal diseases of fruit. **International Journal of Food Microbiology**, v. 167, p. 153–160, 2013.

LOPES, C. A. A fitopatologia nos cenários de aquecimento global. In: BETTIOL, W. *et al.* (Ed.). **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília: Embrapa, p. 68–92. 2017.

MANICI, L. M. *et al.* Modelling soil borne fungal pathogens of arable crops under climate change. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, p. 2071–2083, 2014.

MCDONALD, B. A. Using dynamic diversity to achieve durable disease resistance in agricultural ecosystems. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, p. 191–196, 2014.

MCKENRY, M. V.; THOMASON, I. J. 1,3-Dichloropropene and 1 dibromoethane compounds: I. Movement and fate as affected by various conditions in several soils. II. Organism-dosage-response studies in laboratory with several nematode species. **Hilgardia**, v. 42, p. 393–438, 1974.

MENDES, L. **Impacto do aumento da concentração de CO₂ atmosférico sobre o período latente e o controle biológico da ferrugem do cafeeiro**. 2009. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009.

MENNA, A. *et al.* Elevated temperature differentially influences effector-triggered immunity outputs in Arabidopsis. **Front Plant Science**, v. 6, p. 995, 2015.

MICHELMORE, R. W.; CHRISTOPOULOU, M.; CALDWELL, K. S. Impacts of resistance gene genetics, function, and evolution on a durable future. **Annual Review of Phytopathology**, v. 51, p. 291–319, 2013.

MITTLER, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends in Plant Science**, v. 11, p. 15–19, 2006.

MOERSCHBACHER, B. M. *et al.* Changes in the level of enzyme activities involved in lignin biosynthesis during the temperature sensitive resistant response of wheat (Sr6) to stem rust (P6). **Plant Science**, v. 65, n. 2, p. 183–190, 1989.

PANGGA, I. B.; CHAKRABORTY, S.; YATES, D. Canopy size and induced resistance in *Stylosanthes scabra* determine anthracnose severity at high CO₂. **Phytopathology**, v. 94, p. 221–227, 2004.

PRITCHARD, S. G. *et al.* Elevated CO₂ and plant structure: a review. **Global Change Biology**, v. 5, p. 807–837, 1999.

PUERARI, H. H. *et al.* Evaluation of acibenzolar-S-methyl for the control of *Meloidogyne javanica* and effects on the development of susceptible and resistant soybean. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 1, p. 5, 2013.

RAMOS, M. E. **Bacterial growth in the plant apoplast is limited by nutrient availability**. Dissertation (PhD in microbiology). 2010. 123p. Berkeley: University of California, 2010.

ROUX, F. *et al.* Resistance to phytopathogens e tutti quanti: placing plant quantitative disease resistance on the map. **Molecular Plant Pathology**, v. 15, n. 5, p. 427–432, 2014.

SCHEPERS, H. T. A. M. Effect of rain on efficacy of fungicide deposits on potato against *Phytophthora infestans*. **Potato Research**, v. 39, p. 541–550, 1996.

SCHERM, H. Climate change: can we predict the impacts on plant pathology and pest management? **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 26, n. 3, p. 267–273, 2004.

SCORZA JÚNIOR, R. P. **Agrotóxicos - Uso sustentável é possível ao seguir as recomendações**. Campo & Negócios. Março 2015. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2015.

SIEGENTHALER, U. *et al.* Stable carbon cycle-climate relationship during the late pleistocene. **Science**, v. 310, p. 1313–1317, 2016.

SILVA, H. F. **Bioprospecção de fungos e potencial biocontrolador de *Trichoderma* spp. obtidos de espécies florestais do ecótono cerrado-caatinga,**

no Piauí. 2019. 79f. Tese (Doutorado em produção vegetal). Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2019.

SILVA, H. F. *et al.* Bioprospection of *Trichoderma* spp. originating from a Cerrado-Caatinga ecotone on *Colletotrichum truncatum*, in soybean. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, e7680, 2020.

SIMBERLOFF, D. Risks of biological control for conservation purposes. **BioControl**, v. 57, p. 263–276, 2012.

SOMASEKHAR, N.; PRASAD, J. S. Plant – Nematode Interactions: Consequences of Climate Change. IN: VENKATESWARLU, B.; SHANKER, A. K.; SHANKER, C.; MAHESWARI, M. **Crop Stress and its Management: Perspectives and Strategies**. p. 547–564. 2012.

SONG, H. C.; SHEN, W. Y.; DONG, J. Y. Nematicidal metabolites from *Gliocladium roseum* YMF1.00133. **Applied biochemistry and microbiology**, v. 52, n. 3, p.324–330, 2016.

SPADARO, D.; DROBY, S. Development of biocontrol products for postharvest diseases of fruit: the importance of elucidating the mechanisms of action of yeast antagonists. **Trends in Food Science & Technology**, v. 47, p. 39–49, 2016.

STRAND, J. F. Some agrometeorological aspects of pest and disease management for the 21st century. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 103, p. 73–82, 2000.

THUROW, L. B.; CASTRO, C. M.; PEREIRA, A. S. Melhoramento de plantas visando à resistência a patógenos. In: DALLAGNOL, L.J. **Resistência genética: de plantas a patógenos**. Pelotas: Ed. UFPel, p. 65–102. 2018.

UPCHURCH, R. G.; RAMIREZ, M. E. Effects of temperature during soybean seed development on defense-related gene expression and fungal pathogen accumulation. **Biotechnology Letters**, v. 33, n. 2, p. 2397–2404, 2011.

VELÁSQUEZ, A. C.; CASTROVERDE, C. D. M.; HE, S. Y. Plant and pathogen warfare under changing climate conditions. **Current Biology**, v. 28, n. 10, p. R619–R634, 2018.

WANG, C.; CAI, X.; ZHENG, Z. High humidity represses Cf-4/Avr4 - and Cf-9/Avr9 - dependent hypersensitive cell death and defense gene expression. **Planta**, v. 222, p. 947–956, 2005.

WANG, Y. *et al.* Analysis of temperature modulation of plant defense against biotrophic microbes. **Molecular Plant-Microbe Interacts**, v. 22, p. 498–506, 2009.

WARWICK, D. R. N. Colonização de estromas de *Sphaerodothis acrocomia* e Agente causal da lixa grande do coqueiro por *Acremonium persicinum*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 220, 2001.

WEI, Z. *et al.* Seasonal variation in the biocontrol efficiency of bacterial wilt is driven by temperature-mediated changes in bacterial competitive interactions. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 5, p. 1440–1448, 2017.

WONG, P. T. W.; MEAD, J. A.; CROFT, M. C. Effect of temperature, moisture, soil type and *Trichoderma* species on the survival of *Fusarium pseudograminearum* in wheat straw. **Australian Plant Pathology**, v. 31, p. 253–257, 2002.

WRIGHT, K. M. *et al.* Analysis of the N gene hypersensitive response induced by a fluorescently tagged tobacco mosaic virus. **Plant Physiology**, v. 123, n. 4, p.1375–1385, 2000.

YOUNG, C. E. F.; STEFFEN, P. G. **Consequências econômicas das mudanças climáticas**. Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, em 10/03/2007. Disponível em:

<<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=22&id=236>>.

Acesso em: 10 maio 2020.

XU, X. M. *et al.* Combined use of biocontrol agents to manage plant diseases in theory and practice. **Phytopathology**, v. 101, n. 9, p. 1024–1031, 2011.

Capítulo 6

BIOTECNOLOGIA E BIOINSUMOS: CHAVE PARA UMA AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

José de Paula Oliveira
Márcia do Vale Barreto Figueiredo
Mario de Andrade Lira Júnior
Ana Lucia Figueiredo Porto
Eric Xavier de Carvalho
José Manoel Wanderley Duarte Neto
Maria Carolina de Albuquerque Wanderley

Introdução

Práticas agrícolas inovadoras precisam ser desenvolvidas para geração de novas tecnologias, com previsão de patentes, visando reduzir os custos e ao mesmo tempo melhorar a sustentabilidade socioambiental (FIGUEIREDO *et al.*, 2013). A formulação de bioinsumos que abrange várias culturas visa maximizar os benefícios das relações biológicas e reduzir o impacto sobre o meio ambiente, gerando recomendações de boas práticas de inoculação a serem incorporadas ao processo produtivo (ZELLI *et al.*, 2011; FIGUEIREDO *et al.*, 2016).

A etapa de formulação é um aspecto crucial da produção de inoculantes microbianos e/ou bioinsumos, com estirpes selecionadas determinando o sucesso de um agente biológico (BRAHMMAPRAKASH; SAHU, 2012), tais como líquidos, orgânicos, inorgânicos, polímeros e encapsulados (BASHAN *et al.*, 2014).

A técnica de bioformulação líquida baseada no consórcio está sendo usada como um caminho importante para a agricultura sustentável (PINDI; SATYANARAYANA, 2013). Há também uma técnica de formulação emergente em que a adição de micro-organismos e metabólitos secundários associados à bioformulação aumenta a produtividade de plantas, melhorando a eficiência dos inoculantes microbianos (MOREL *et al.*, 2016).

No mercado atual, as formulações estão sendo baseadas em metabólitos para inoculantes rizobianos focados na adição de flavonóides e fitohormônios, (ARORA *et al.*, 2017). Os inoculantes à base de biofilmes contendo um consórcio fúngico-rizóbio foram também aplicados para promover o aumento da fixação de N₂ em leguminosas (JAYASINGHEARACHCHI; SENEVIRATNE, 2004).

Estudos também mostram que a promoção de crescimento e o desempenho de algumas bactérias nos inoculantes podem ser altamente específicos para uma determinada espécie de plantas, cultivar ou genótipo (FIGUEIREDO *et al.*, 2010, GONZALEZ *et al.*, 2018). O uso de inoculantes biológicos (bioinsumos) tem sido indicado como uma das soluções para o problema da dicotomia, aumento da produção agrícola e conservação ambiental (AHMAD *et al.*, 2008).

Biotecnologia como prática agrícola

Além de promover um aumento expressivo na produtividade e na qualidade de alimentos, a biotecnologia também está presente na agricultura sob outras formas: na produção de inseticidas biológicos, no desenvolvimento de novas moléculas capazes de melhorar as práticas do manejo agrícola, nas técnicas de melhoramento genético, nos marcadores moleculares e na produção de novas características vegetais por meio de técnicas de DNA recombinante. Com a evolução das pesquisas relacionadas à biotecnologia agrícola, tem sido possível a inserção de novas tecnologias que auxiliam não só na produção de alimentos, mas que também aliam a agricultura a diversos outros setores produtivos. Dessa forma, tem-se observado que as principais finalidades da biotecnologia vegetal atual baseiam-se nos seguintes princípios: na sustentabilidade, uma prática agrícola que esteja junto a técnicas de cuidados ao ambiente e da promoção de uma balança ecológica adequada; na segurança alimentar, baseada na produção de alimentos com qualidade e quantidade suficientes para alimentar todo o planeta, com substâncias essenciais como vitaminas, lipídios, carboidratos, e outros; e na produção de novos materiais, como biofármacos, biocombustíveis e bioplásticos produzidos a partir de insumos de origem vegetal, (Sá, 2018).

Aplicações da biotecnologia na área vegetal

➤ Transformação genética de plantas

Tendo os Estados Unidos como pioneiro, em 1994 foi lançado o primeiro vegetal transgênico, uma variedade de tomate que apresentava uma característica adicional de uma vida útil mais longa. A transgenia é uma técnica onde permite fazer a transferência de características de interesse agrônômico entre espécies diferentes de plantas, com o objetivo de torná-las resistentes a doenças ou aumentar o seu valor nutritivo. O Brasil conta atualmente com 50 milhões de hectares com plantas

transgênicas, onde se destaca a soja, o milho e o algodão, ocupando o segundo lugar no ranking dos países que adaptam a tecnologia de organismos geneticamente modificados (OGM). As taxas de adoção estão em torno de 92,3 % para soja; 86,7 % para milho inverno ou safrinha; 74,7 % para milho verão; e supera os 90 % para o algodão (CIB, 2018).

➤ Organismos Geneticamente Modificado (OGM), transgênico e cisgênico

Segundo a lei de Biossegurança (11.105/05), um organismo geneticamente modificado (OGM) é aquele que teve seu material genético (DNA/RNA) modificado por engenharia genética. O termo “transgênico”, que não é definido na lei, é um organismo que contém um ou mais segmentos de DNA ou genes que foram manipulados entre ou intraespécie. Desta forma um o transgênico é um tipo de OGM mais nem todo OGM é um transgênico. Quanto ao cisgênico, é o micro-organismo que passou por um procedimento que envolve a tecnologia do DNA recombinante, mais utilizando genes de espécies que podem ser cruzadas naturalmente. Um dos casos clássico de cisgenia foi a introdução de um genes resistente ao fungo patogênico *Phytophthora* presente na batata selvagem em batatas comerciais cuja pesquisa foi realizada pelo Instituto Plant Research International (PRI) da Universidade de Wageningen, na Holanda (BRANDANI, 2016).

Transgênico é toda entidade biológica ou organismo que contém um ou mais segmentos de DNA ou genes que foram manipulados (introduzidos, removidos ou substituídos) entre ou intraespécie, por meio da tecnologia do DNA recombinante e do uso da engenharia genética. Assim, os micro-organismos, vegetais e animais transgênicos possuem mudanças em seu genoma original. Para que isso ocorra, é manipulada uma parte do DNA (material genético) – que codifica a característica de interesse – da espécie doadora na espécie receptora, ou entre a mesma espécie, para que o indivíduo receptor adquira a(s) característica(s) de interesse do doador. A técnica da transgenia aplicada a plantas e animais tem como principal objetivo gerar variedades mais produtivas, mais nutritivas e resistentes a doenças e pragas, e mais tolerantes a defensivos agrícolas e a estresses ambientais como os causados por mudanças climáticas. A soja e o milho estão entre os alimentos transgênicos mais consumidos por humanos e animais em todo o mundo. (BRANDANI, 2016).

Segundo Alves (2004) existem riscos e benefícios com relação aos OGMs.

Benefícios:

- Aumento da produtividade das colheitas
- Tolerância às condições adversas de solo e clima
- Aumento na produção de fármacos em plantas geneticamente modificadas
- Aumento do potencial nutricional dos alimentos
- Alta resistência às pragas
- Redução do uso de agrotóxicos
- Síntese de plásticos e outros materiais.

Riscos:

- A geração de novas pragas e plantas daninhas
- Danos a espécies não alvos
- Alteração da dinâmica dos ecossistemas
- Produção de substâncias tóxicas
- Perda da biodiversidade
- Oligopolização internacional do mercado de sementes- trata-se de um risco econômico decorrente desse tipo de tecnologia.

➤ Propagação de Tecido vegetal *in vitro*

Denominada de Agricultura Verde, a biotecnologia vegetal tem impacto positivo na agricultura, na indústria de alimentos, nos consumidores e no meio ambiente que também tem auxiliado no desenvolvimento da tecnologia de melhoramento de plantas resultante de uma integração entre a cultura de tecido e a genética molecular. A cultura de propagação de material vegetal em vitro teve o seu maior desenvolvimento ao longo do século XX, tornando-se uma ferramenta de grande importância para a biotecnologia vegetal, tanto na pesquisa básica ou para finalidades industriais e agrícolas (SUSSEX, 2008), (PRAMMANEE *et al.*, 2011).

Segundo Semprebom (2017), entre as vantagens e potencialidades de cultivar material vegetal *in vitro* são:

- Propagação de plantas de qualidade em grande escala;
- Facilitar o transporte das plantas obtidas sem risco de introduzir doenças no local de destino;
- Controlar as condições de crescimento e o tempo de desenvolvimento do material manipulado, obtendo plantas padronizadas e oferecendo um maior controle de respostas fisiológicas;

- Recuperar espécies de plantas em vias de extinção ou regenerar indivíduos resultantes de cruzamento com pouca viabilidade;
- Possibilitar a seleção de plantas para melhoramento genético;
- Criar variedades genéticas ou indivíduos resistentes a fatores abióticos ou com características melhoradas como resistência a fungos e bactérias e aumento na produção de açúcar.

O método do cultivo *in vitro* consiste no cultivo de tecidos ou órgãos vegetais em recipientes semi-herméticos, sob condições de assepsia, com controle de luminosidade, temperatura, umidade e pH, utilizando meios de culturas artificiais, compostos contendo nutrientes, podendo ser líquidos ou gelificados.

➤ Técnicas aplicadas no cultivo vegetal *in vitro* (SEMPREBOM, 2017):

a) *Micropropagação ou clonagem* – É uma das mais importantes aplicações onde permite produzir um grande número de plantas geneticamente uniformes e sadias podendo ser realizada por meio de três técnicas:

Cultura de meristema – Técnica utilizada para produzir plantas livres de vírus. Acontece pela velocidade que as células se multiplicam e pela ausência de vasos capilar por onde os vírus poderiam ser disseminados. Devido a essa particularidade o cultivo de meristema tornou-se importante na transformação genética e no intercâmbio de germoplasma.

Embriogênese somática - Considerada pré-requisito na produção de plantas transgênicas, a embriogênese somática consiste na produção de embriões a partir de tecidos somáticos que regeneram uma planta inteira, com constituição genética idêntica à da planta-mãe.

Organogênese – Consiste na formação de gemas diretamente de tecidos (base de folhas, pecíolos, segmentos de raízes) ou diretamente de calos. Essa técnica tem duas fases: a desdiferenciação – ocorre logo após o isolamento do tecido, que promove uma rápida divisão celular, onde é formado um aglomerado de células indiferenciadas; e a rediferenciação – quando o primórdio do órgão origina meristemas chamados de adventícios.

b) *Cultura de protoplastas* – Utilizada para o estudo de expressão de genes, o Protoplasma é o material celular resultante após a remoção enzimática da parede celular. Após a fusão de protoplastos, é possível regenerar plantas completas a partir

dos tecidos selecionados e pode produzir híbridos somáticos entre espécie diferentes, resolvendo problemas de incompatibilidade sexuais.

c) *Cultura de material desorganizado: calos e suspensões*

Calos – Massa de tecido desorganizado que pode ser utilizado para selecionar plantas resistentes às condições adversas e distintos tipos de materiais para produzir compostos de interesse.

Suspensões – São proliferação de células isoladas ou em aglomerados pequenos obtidos a partir da agitação de calos dispersos em um meio líquido.

d) *Cultura de anteras* – Considerada uma ferramenta de grande potencial para o melhoramento de plantas, o cultivo de anteras tem sido utilizado para se conseguir plantas clones com células que possuem uma só cópia da dotação cromossômica (hoplóides) possibilitando a obtenção de linhas inteiramente homocigotas, o que diminui bastante o tempo de obtenção de novas cultivares.

➤ Controle Biológico de Pragas

Segundo (PARRA, 2002), o controle biológico é um fenômeno natural que consiste na regulação do número de plantas, animais e insetos por inimigos naturais. Linnaeus, em 1760, já afirmava que cada organismo tem um inimigo natural. Assim, DEBACH (1964) definiu que controle biológico é a ação de parasitos, predadores e patógenos que mantém a densidade populacional de outro organismo em uma média mais baixa do que ocorreria em sua ausência, envolvendo além de insetos, fungos entomopatogênicos e bactérias entomopatogênicas.

O controle biológico alguns autores podem ser divididos em três aspectos:

➤ Controle biológico clássico

Consiste na importação e colonização de parasitoides ou predadores, visando ao controle de pragas exóticas (GALLO *et al.*, 2002).

➤ **Controle biológico natural**

Esse tipo de controle ocorre naturalmente nos diferentes agroecossistemas é sempre observado quando o ambiente não é impactado por práticas culturais errôneas. Uma maneira de favorecer esse tipo de controle é quando práticas agrônomicas são realizadas visando conservar os inimigos naturais presentes ou

quando é utilizado agrotóxicos seletivos no manejo integrado de pragas (MIP), (BUENO *et al.*, 2012; BARBOSA; SILVA; MOREIRA DE BRITO, 2015).

➤ **Controle biológico aplicado (CBA)**

O CBA refere-se ao conceito básico de controle biológico chamado de multiplicação (criações massais) que evoluiu bastante com o desenvolvimento das dietas artificiais. O método trata-se de liberações inundativas de parasitoides ou predadores após a sua criação em laboratório, objetivando a redução rápida da população de pragas para seu nível de equilíbrio (PARRA, 2002).

Bactérias benéficas para agricultura: fundamentos e aplicações

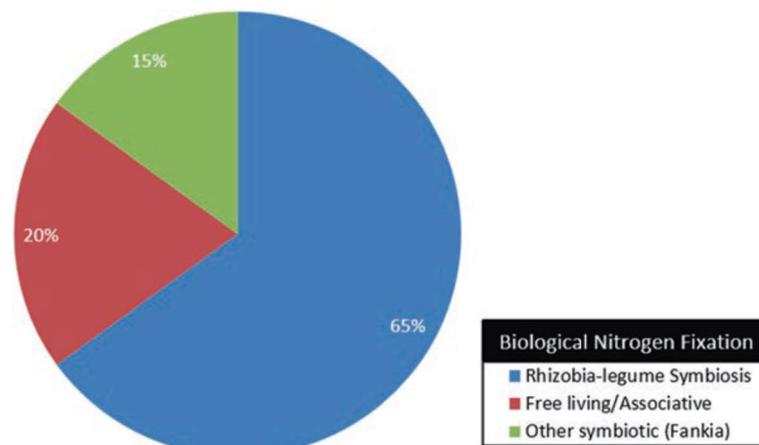
Considerando que a produtividade agrícola é fortemente relacionada à atividade microbiana no solo, o uso de micro-organismos benéficos representa uma estratégia relevante para uma agricultura sustentável respeitando o meio ambiente (CHANWAY, 1998; GRAY; SMITH, 2005; FIGUEIREDO *et al.*, 2012; CHAPARRO *et al.*, 2014; ARORA *et al.*, 2017). Os modos de ação dos micro-organismos e seus vários benefícios para as plantas, como descrito na literatura, vão desde a simples ocupação de espaços vazios biológicos para ecológicos relacionamentos como antibiose, competição, predação, e simbiose, entre outros (KLOEPPER *et al.*, 2004). Além disso, atividades relacionadas à produção de hormônios e enzimas, que são importantes para as plantas, ocorrem no solo ou filoplano (RAAIJMAKERS *et al.*, 2009). O uso de micro-organismos selecionados pode representar uma importante atividade biotecnológica com abordagem para diminuir os efeitos deletérios de estresse nas culturas (NADEEM *et al.*, 2014; FIGUEIREDO *et al.*, 2016).

Os micro-organismos que realizam a fixação biológica de nitrogênio (FBN) têm grande importância porque este elemento é um componente essencial das proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, coenzimas, fito-hormônios e metabólitos secundários (HAWKESFORD *et al.*, 2012). Portanto, o nitrogênio (N) é fundamental para a vida de todos os seres vivos. Cerca de 1 % a 5 % da matéria seca total da planta consiste em N, e devido à sua imensa necessidade celular, N é necessário em grandes quantidades (DÖBEREINER, 1997).

O processo de FBN (Figura 1) realizado por bactérias simbióticas do nitrogênio com espécies de leguminosas, que são comumente conhecidas como alfa e beta rizóbios, fornecem alta sustentabilidade para os ecossistemas (BOMFETI *et al.*, 2011).

Estes micro-organismos podem ajudar a promover o crescimento das plantas não apenas fornecendo nitrogênio, mas também por outros mecanismos, como a produção de sideróforos, exopolissacarídeos (EPS) e fitohormônios; solubilização de fosfato; proteção contra fungos fitopatogênicos, e absorção de nutrientes pela solução do solo e minimizar os efeitos deletérios de estresses bióticos e abióticos (DAKORA, 2003; FIGUEIREDO *et al.*, 2008; MOREIRA *et al.*, 2010).

Figura 1. Fixação Biológica de Nitrogênio.



Fonte: Modificado por BOUIZGARNE *et al.* (2015)

Os diazotróficos (fixadores de N_2) são encontrados em uma grande variedade de habitats: vida livre no solo e na água, simbioses associativas com gramíneas, associação simbiótica em cupins, actinorrizal associação com plantas lenhosas, simbioses cianobacterianas com várias plantas, e simbioses raiz-nódulo com leguminosas (DIXON; KAHN, 2004). Os dois mais importantes tipos de simbiose são a fixação de N_2 e aquisição de P e outros nutrientes por micorrizas (BONFANTE; ANCA, 2009). Para o cultivo de legumes, relação de rizóbios e micorrizas é de grande importância porque estas bactérias podem influenciar a taxa de infecção e nutrição mineral, bem como as propriedades físicas e químicas do solo, adicionando resíduos orgânicos e aumentando o crescimento destas plantas (PARNISKE, 2008).

A inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio na agricultura tem contribuído para reduzir o uso de fertilizantes químicos, bem como o impacto ambiental causado por estes, assim como a possibilidade de redução no custo da produção (LUGTENBERG *et al.*, 2002), assim como, a coinoculação entre rizóbios e bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP) tem apresentado aumento na

nodulação, fixação de nitrogênio e a competitividade do rizóbio pelos múltiplos efeitos positivos na rizosfera das plantas, dependendo da combinação e compatibilidade entre bactérias e espécie vegetal (FIGUEIREDO *et al.*, 2010; NAVEED *et al.*, 2015).

No Brasil, as culturas mais importantes, tanto pela extensão da área que ocupam como pelo alto consumo de fertilizantes, são culturas que podem em algum grau serem beneficiadas por processos biológicos, como a FBN, tais como; soja, cana-de-açúcar, milho, feijoeiro comum, feijão-caupi, arroz e trigo. Juntas, essas culturas ocupam 61,3 milhões hectares (Mha) e consomem 1.890 milhões de toneladas (Mt) de fertilizantes nitrogenados. A estimativa é de que em 2030 a área cultivada com estas culturas ultrapasse 70 Mha e o consumo de fertilizante nitrogenado será superior a 2,5 Mt (<https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>).

A utilização de micro-organismos benéficos à agricultura é fundamental num cenário de agricultura sustentável a partir do conhecendo dos mecanismos que resultam na promoção do crescimento de plantas por estes micro-organismos, e podem-se desenvolver tecnologias para aumentar a produtividade agrícola usando as estratégias importantes no sistema planta-micro-organismo (LUGTENBERG *et al.*, 2002; GONZALEZ *et al.*, 2018).

Desenvolvimento de processos biotecnológicos para obtenção de moléculas bioativas

A história da revolução tecnológica na agricultura do Brasil, iniciada na década de 40, mostra uma tendência à implantação de políticas conservadoras que visam expandir a produtividade no campo, sem, necessariamente, trazer desenvolvimento para as populações dessas áreas. A chamada modernização conservadora tem início no pós-guerra da década de 40 pelos programas de desenvolvimento do Brasil com consumo de tecnologia estadunidense, provocando uma agricultura subordinada, voltada a agro indústria, sem preocupações sociais ou ambientais (SILVA, 2008).

Os impactos dessa política de agricultura no Brasil geraram duas faces antagônicas. A primeira, representada pelas grandes empresas agronômicas, marcada por um forte agronegócio, bastante tecnológico, com produção de culturas que alcançam patamares de liderança internacional, como a soja e o milho. A outra face, representada pela agricultura familiar, é marcada por complexos rurais ainda pouco articulados, com baixa produtividade e baixo suporte técnico, associados à

pobreza do campo, que contribuem para o desemprego no campo e o êxodo rural (SILVA; BOTELHO, 2014; TEIXEIRA, 2005).

Em meados de 1960, que seguiu pela década de 1970, se fortalece o movimento de modernização da agricultura como meta para aumento de escala produtiva, tornando necessário o investimento em ciência e tecnologia. Nesse período, ainda considerado modernização conservadora, destinou-se investimento para profissionalização de pesquisadores das ciências agrárias, através da criação de cursos de pós-graduação, Sistema Embrapa e seus centros de pesquisa, montagem de laboratórios e treinamento técnico acompanhada por uma maior concentração, centralização, desigualdade e exclusão do povo do campo. Durante essa transformação social-agro-tecnológica, conflitos ambientais foram gerados. Ocorrem diversos episódios de esgotamento e perda de solos, contaminação de alimentos, água e ar, eliminação de inimigos naturais e o aumento da resistência de pragas e doenças aos produtos fitossanitários (agrotóxicos), causando desequilíbrios e aumento da incidência dessas pragas (SILVA; BOTELHO, 2014; TEIXEIRA, 2005).

Nas décadas seguintes de 1980 e 1990, embora permeada de crises, as taxas do setor agrário continuavam aumentando, além do aumento nos impactos ambientais gerados, intensificando os desmatamentos e o uso de produtos fitossanitários tóxicos. Ocorre uma redução significativa dos incentivos agrícolas via crédito rural e fortalecimento da política de modernização conservadora, ainda mais excludente, tendo em vista a revolução gerada pela introdução de novas tecnologias relacionadas ao uso da informática, microeletrônica e biotecnologia na produção agrícola (TEIXEIRA, 2005).

Em paralelo, ainda na década de 1970, ocorrem movimentos pelo mundo com a intenção de estabelecer tecnologias para estabelecer uma agricultura não convencional e sustentável. Estes propõem alternativas à artificialização do meio ambiente, com o princípio de implementar agroecossistemas complexos e diversificados, como forma de atingir a sustentabilidade. Incluindo nesse processo as demandas sociais e econômicas das populações rurais, considerando tanto os sistemas naturais quanto dos sociais para atingir a sustentabilidade. No Brasil o processo tem focado na agricultura familiar, tendo em vista sua estrutura de produção diversificada e com nível de complexidade adequado as aplicações das tecnologias sustentáveis (ASSIS, 2006). Nesse contexto a biotecnologia tem expandido e se

diversificado para contribuir fortemente com a agricultura sustentável (UMESHA; SINGH; SINGH, 2018).

Biotecnologia e bioinsumos: chave para uma agricultura sustentável

Para superar o grande desafio do desenvolvimento sustentável a humanidade precisa resolver problemas em eixos locais, regionais, nacionais e globais. A agricultura sustentável é reconhecida como componente básico de qualquer estratégia de combate à fome e pobreza em países desenvolvidos. Nesse contexto, a ciência e tecnologia junto ao suporte de políticas públicas devem focar seus esforços no desenvolvimento econômico, social e ambiental sustentável (ADENLE; AGINAM, 2012; GAVRILESCU; CHISTI, 2005).

Além disso, o crescimento de medidas de proteção à propriedade intelectual tem se convertido num problema para a aplicação das técnicas biotecnológicas na agricultura sustentável nos países em desenvolvimento, como o Brasil. O que ao mesmo tempo, cria oportunidade de investimento econômico para gerar tecnologias comercializáveis protegidas por essas mesmas medidas (ADENLE; AGINAM, 2012). Assegurar o sucesso de sistemas agrícolas sustentáveis depende de mudanças profundas no contexto passado de modernização conservadora, com forte influência da tecnologia de outras nações. Necessita, entre outros aspectos, de firmeza nas estratégias do poder público focadas no desenvolvimento dos eixos locais e regionais (ASSIS, 2006).

A modernização da agricultura foi necessária para que o país pudesse se inserir no mercado internacional e trouxesse desenvolvimento econômico (COELHO, 2005). Porém mudanças nas atividades econômicas, práticas culturais e uso de recursos naturais vêm criando um cenário mais complexo no ambiente rural (RAMEH; SANTOS, 2011). A industrialização e o investimento em tecnologias são interpretados como a força motriz da modernização da agricultura brasileira. Comparando-se taxas de crescimento de área de produção e da produtividade, o crescimento da produção verificado entre os anos 2000 e 2010 pode ser considerado mais como fruto do aumento do rendimento do que da área cultivada. Áreas de plantio de cultivos como arroz, feijão e trigo foram diminuídas no período de 1975 a 2010, entretanto, a quantidade produzida nesse mesmo período cresceu a taxas de 3,32 % ao ano, considerando-se todas as culturas (CONTINI *et al.*, 2010).

Pode-se afirmar que o aumento da produtividade da terra acompanhou o aumento dos investimentos em pesquisa, principalmente na incorporação de novas áreas, como a biotecnologia. Além das inovações introduzidas pela pesquisa no aperfeiçoamento da qualidade e da produtividade, outras ocorreram em processos de produção, como o sistema de plantio direto, a inoculação com bactérias, o manejo integrado de pragas e a criação de variedades e espécies com plasticidade suficiente para se adaptar às diferentes condições ambientais (ALBUQUERQUE; SILVA, 2008).

Dentre as metas a serem superadas para implementação da agricultura sustentável, são necessárias tecnologias para reciclar nutrientes, controlar pestes e patógenos e diminuir o impacto negativo das variáveis associadas aos efeitos abióticos (UMESHA; SINGH; SINGH, 2018). Os esforços da biotecnologia sustentável têm se focado em aumentar a produtividade de cultivares, melhorando sua adaptabilidade a esses novos conceitos de agroecossistemas, aumentando a diversidade de produção de áreas cultivadas, diminuindo a extensão dessas áreas e os impactos ambientais e sociais decorrentes.

Várias estratégias biotecnológicas podem ser aplicadas para contribuir com a agricultura sustentável: aumento de resistência dos vegetais contra estresses bióticos (pragas e doenças) e abióticos (solo, frio, salinidade, etc.), biorremediação de solos poluídos ou deteriorados, aumento da produtividade e qualidade do produto, melhorar a fixação de nitrogênio, aumento na eficácia da obtenção e aproveitamento de nutrientes, melhorar tecnologias fermentativas, tecnologias de geração de energia por uso de biomassa, aumento dos níveis de nutrientes de alimentos (UMESHA; SINGH; SINGH, 2018).

O governo de Pernambuco vem contribuindo para a formação de políticas públicas que possam viabilizar esse desenvolvimento científico e tecnológico no estado. Dentre os pilares da inovação para o desenvolvimento estadual, emergem como protagonistas projetos de cunho biotecnológico, que priorizem a geração de produtos aplicáveis no setor, agregando valor a escala de processamento industrial, e possam, sobremaneira, contribuir para o fortalecimento econômico do Estado.

Nesse contexto, o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), em parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), desenvolvem pesquisas de aplicação biotecnológica voltadas à agricultura sustentável. Destacam-se as atividades de análise de solos (química, física e de fertilidade), de água para irrigação, de ração animal, de sementes, de pragas e doenças de plantas, entre outras. As

pesquisas são desenvolvidas com o objetivo de produzir insumos biológicos para o controle de pragas, inoculantes para a utilização do nitrogênio atmosférico, mudas sadias através da cultura de tecidos, além dos trabalhos conduzidos nas áreas de melhoramento vegetal e de fitossanidade.

Um dos destaques da biotecnologia que contribui com o desenvolvimento da agricultura sustentável é a produção de biolarvicida à base de toxina de *Bacillus thuringiensis* como substituto aos defensivos agrícolas químicos. Estes últimos, tem trazido efeitos nocivos à biodiversidade e conservação dos biomas Mata Atlântica e Caatinga do estado, pois possuem amplo espectro de ação entre espécies de insetos e outros invertebrados, causando mortandade desnecessária e consequente desequilíbrio ecológico. Em associação, a natureza química desses agentes permite a sua acumulação nos solos, tornando-os inférteis e contribuindo para o desmatamento (GAIO, 2014).

O *Bacillus thuringiensis*, comumente conhecido como Bt, é uma bactéria anaeróbia encontrada naturalmente no solo com capacidade de sintetizar toxinas cristais, que agem como inseticidas específicos, minimizando o uso de agrotóxicos. As toxinas do Bt têm sido utilizadas como agente de biocontrole com alto potencial e segurança, principalmente por terem baixa toxicidade para insetos não-alvo e vertebrados (HE *et al.*, 2017; IBRAHIM *et al.*, 2010; PALMA *et al.*, 2014; PERALTA; PALMA, 2017). Formulações baseadas no *B. thuringiensis* são responsáveis por cerca de 50 % do mercado de biopesticidas pulverizáveis. Os problemas com estas formulações são os altos custos e a sua curta atividade residual no campo, resultante da degradação da toxina. Gerando a necessidade por formulações inovadoras (BASHIR *et al.*, 2016).

Os projetos do IPA visam aumentar a resistência e aplicabilidade do biolarvicida, através do desenvolvimento de novas formulações encapsuladas e biocompatíveis de cristais do *B. thuringiensis*, gerando processo de inovação protegida por patenteamento. Com o sucesso do projeto, espera-se manter a toxicidade do produto por mais tempo em campo, diminuição de custos de aplicação e menor impacto ambiental do controle de pragas, contribuindo para a melhoria da produtividade agrícola e sustentável em Pernambuco. Através de estratégias de emulsão, é possível encapsular as toxinas do Bt e protegê-las de intempéries, como radiação UV, exsudados foliares e chuvas, diminuindo a necessidade de reaplicação, consequentemente diminuindo os custos.

Além disso, o esforço conjunto das instituições se enquadra no Projeto público estruturante 'Promoção da pesquisa e desenvolvimento de tecnologias voltadas para a valorização da biodiversidade, a conservação ambiental e manejo sustentável' previstos nas 'Estratégias de desenvolvimento e Carteira de projetos públicos – Pernambuco 2015/2035 (PE20135), por visar a produção menos onerosa regionalizada de um inseticida mais resistente aos fatores degradantes do meio, atóxico e que não oferece riscos elevados à fauna, reduzindo a devastação do bioma Mata Atlântica e Caatinga pela utilização de agrotóxicos. Ademais, corrobora também com o Art. 4 da Lei Estadual Nº 14.090 que fomenta a agricultura orgânica e projetos com tecnologia sustentável.

Considerações finais

Afim de assegurar o sucesso de sistemas agrícolas sustentáveis, mudanças profundas de paradigma socioeconômico são necessárias. É preciso haver firmeza nas estratégias do poder público focadas no desenvolvimento nos contextos local e regional, focando os esforços tecnológicos na agronomia familiar. A biotecnologia tem aumentado a produtividade de cultivares, melhorando sua adaptabilidade aos novos agroecossistemas. Um exemplo desse processo, é o desenvolvimento de pesquisas voltada para o setor de biotecnologia do IPA, com a finalidade de obtenção de produtos de baixo custo para controle de pragas e promoção de crescimento em plantas mais seguros e ecologicamente corretos para substituir o uso de agrotóxicos.

Referências

ADENLE, A. A.; AGINAM, O. Innovative tools for sustainable agriculture in developing countries: the impact of open-source biotechnology. In: SOWE, S.K.; PARAYIL, G.; SUNAMI, A. (eds.). **Free and Open-Source Software and Technology for Sustainable Development**. Tokyo: United Nations University Press, v. 34, p. 24–47. 2012.

AHMAD F.; AHMAD.; KHAN M. S. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. **Microbiological Research**, v. 163, p. 173–181, 2008.

ALVES, G. S. A. Biotecnologia dos ttransgênicos: precaução é a palavra de ordem. **HOLOS**, v. 2, p. 1–10, 2004.

ARORA, N. K.; VERMA, M.; MISHRA, J. Rhizobial bioformulations: past, present and future. In: MEHNAZ, S. (ed.). **Rhizotrophs**: plant growth promotion to bioremediation. Singapore: Springer Nature Singapore, 2017. pp. 69–99 (Microorganisms for Sustainability, 2).

ASSIS, R. L. de. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. **Economia Aplicada**, v. 10, n. 1, p. 75–89, 2006.

BARBOSA, A.; SILVA, D.; MOREIRA DE BRITO, J. Controle biológico de insetospragas e suas perspectivas para o futuro. **Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 361, p. 248–258, 2015.

BASHAN Y. *et al.* Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). **Plant Soil**, v. 378, n. 1–2, p.1–33, 2014.

BASHIR, O. *et al.* Controlled-release of *Bacillus thuringiensis* formulations encapsulated in light-resistant colloidosomal microcapsules for the management of lepidopteran pests of Brassica crops. **PeerJ**, v. 4, p. e2524, oct. 2016.

BOMFETI, C. A. *et al.* Exopolysaccharides produced by the symbiotic nitrogen-fixing bacteria of Leguminosae. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 657–671, 2011.

BONFANTE, P.; ANCA I. A. Plants, mycorrhizal fungi, and bacteria: a network of interactions. **Annual Review Microbiology**, v. 63, p. 363–383, 2009.

BOUIZGARNE, B.; OUFDOU, K.; OUHDOUCH, Y. Actinorhizal and rhizobial-legume symbioses for alleviation of abiotic stresses. In: ARORA, N. K. (ed.). **Plant microbes symbiosis**: applied facets. New Delhi, India: Springer India, p. 273–295. 2015.

BRANDANI, A. **Arquivos transformação genética CIB**. Disponível em: <https://cib.org.br/tag/transformacao-genetica/>. Acesso em: 23 set. 2018.

BUENO, A.F. *et al.* Inimigos naturais das pragas da soja. In: Hoffmann-Campo, C.B., Ferreira, B.S.C., Moscardi, F. (eds.) **Soja**: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa, 2012. p.493–630.

CÉLERES. **Contexto histórico e inovações em biotecnologia agrícola céleres**. Disponível em: <http://www.celeres.com.br/contexto-historico-e-inovacoes->

embiotecnologia-agricola/. Acesso em: 23 set. 2018.

CHANWAY, C. P. Bacterial endophytes: ecological and practical implications. **Sydowia**, v. 50, p. 149–170, 1998.

CHAPARRO, J. M.; BADRI, D. V.; VIVANCO, J. M. Rhizosphere microbiome assemblage is affected by plant development. **ISME J**, v. 8, n. 4, p. 790–803, 2014.

CONSELHO DE INFORMAÇÃO SOBRE BIOTECNOLOGIA. **20 anos de transgênicos**: impactos ambientais, econômicos e sociais no Brasil. [s.l.]: CIB, 2018.

COELHO, F. M. G. **A arte das orientações técnicas no campo**. Viçosa: Editora UFV, 2005. 88p.

CONTINI, E. *et al.* Dinamismo da agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 19, p. 42–64, 2010.

DAKORA, F. D. Defining new roles for plant and rhizobial molecules in sole and mixed plant cultures involving symbiotic legumes. **New Phytologist**, v. 158, p. 39–49, 2003.

DEBACH, P. **Biological control of insect pests and weeds**. New York: Reinhold, 1964. 844 p.

DIXON, R.; KAHN, D. Genetic regulation of biological nitrogen fixation. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, p. 621–631, 2004.

DÖBEREINER, J. Importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 1, encarte especial, p. 2–3, 1997.

FIGUEIREDO, M. V. B. *et al.* Biological nitrogen fixation: importance, associated diversity, and estimates, cap.10, *In*: ARORA, N. K. (ed.). **Plant microbe symbiosis: fundamentals and advances**. New Delhi, India: Springer India, 2013. p. 267–289.

FIGUEIREDO, M. V. B. *et al.* Plant growth-promoting Rhizobacteria: key mechanisms of action. *In*: CHOUDHARY, D. K.; VARMA, A. (ed.). **Microbial-mediated induced systemic resistance in plants**. [s.l.]: Springer, 2016. p. 23–37.

FIGUEIREDO, M. V. B. *et al.* Alleviation of water stress effects in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation *Paenibacillus Rhizobium tropici*. **Applied Soil Ecology**, v. 40, p. 182–188, 2008.

FIGUEIREDO, M. V. B. *et al.* Plant growth promoting rhizobacteria: fundamentals and

applications. In: Maheshwari, D. K. (ed.). **Plant growth and health promoting bacteria**. Berlin, Berlín: Springer-Verlag, 2010. p. 21 e 43.

GAIO, A. **Lei da Mata Atlântica comentada**. São Paulo: Editora Almedina, 2014. 232p.

GAVRILESCU, M.; CHISTI, Y. Biotechnology: a sustainable alternative for chemical industry. **Biotechnology Advances**, v. 23, n. 7–8, p. 471–499, 2005.

GONZALEZ, E. J. *et al.* Dry micro-polymeric inoculant of *Azospirillum brasiliense* is useful for producing mesquite transplants for reforestation of degraded and zones. **Applied Soil Ecology**, v. 129, p. 84–93, 2018.

GRAY, E. J.; SMITH, D. L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant bacterium signaling processes. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 37, n. 3, p. 395–412, 2005.

HAWKESFORD, M. *et al.* Functions of macronutrients. In: MARSCHNER, P. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. San Diego: Academic Press, 2012. p. 135–189.

HE, X. *et al.* Biopolymer microencapsulations of *Bacillus thuringiensis* crystal preparations for increased stability and resistance to environmental stress. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 101, n. 7, p. 2779–2789, 2017.

IBRAHIM, M. A. *et al.* *Bacillus thuringiensis* a genomics and proteomics perspective. **Bioengineered Bugs**, v. 1, n. 1, p. 31–50, 2010.

JAYASINGHEARACHCHI, H. S., SENEVIRATNE G. A. *Bradyrhizobial-Penicillium* spp. biofilm with nitrogenase activity improves N₂ fixing symbiosis of soybean. **Biology and Fertility of Soils**, v. 40, p. 432–434, 2004.

KLOEPPER, J. W.; RYU, C. M.; ZHANG, S. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. **Phytopathology**, v. 94, n. 1, p. 259–1226, 2004.

KLÜMPER, W.; QAIM, M. A Meta-analysis of the impacts of genetically modified. **Crops PLoS ONE**, v. 9, n. 11, p. e111629, nov. 2014.

LUGTENBERG, B. J.; CHIN-A-WOENG, T. C.; BLOEMBERG, G. Microbe–plant interactions: principles and mechanisms. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 81, n. 1–4,

p. 373–383, 2002.

MOREIRA, F. M. S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R. S. A.; CARVALHO, F. Diazotrophic associative bacteria: diversity, ecology and potential applications. **Computer Science**, v. 1, n. 2, p. 74–99, 2010.

MOREL M. A.; CAGIDE C.; CASTRO-SOWINSKI S. The contribution of secondary metabolites in the success of bioformulations. *In*: ARORA, N. K.; MEHNAZ, S.; BALESTRINI, R. (eds.). **Bioformulations**: for sustainable agriculture. New Delhi, India: Springer, 2016. p 235–250.

NADEEM, S. M. *et al.* The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. **Biotechnology Advances**, v. 32, n. 2, p. 429–448, 2014.

NAVEED, M. *et al.* Perspectives of rhizobial inoculation for sustainable crop production. *In*: ARORA, N. K. (ed.). **Plant Microbes Symbiosis**: applied facets, 2015. p. 209–239.

PALMA, L. *et al.* *Bacillus thuringiensis* toxins: an overview of their biocidal activity. **Toxins**, v. 6, n. 12, p. 3296–3325, 2014.

PARNISKE, M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. **Nature Reviews Microbiology**, v. 6, p. 763–775. 2008.

PARRA, J. R. P. *et al.* **Controle biológico no Brasil**: parasitóides e predadores. 1. ed. São Paulo: Editora Manole, 2002. 626p.

PERALTA, C.; PALMA, L. Is the insect world overcoming the efficacy of *Bacillus thuringiensis*? **Toxins**, v. 9, n. 1, p. 1–5, 2017.

PINDI PK, SATYANARAYANA SDV Liquid microbial consortium-a potential tool for sustainable soil health. **Journal Biofertilizer Biopesticides**, v. 3, p. 124, 2013.

PRAMMANEE, S. *et al.* Efficient shoot regeneration from direct apical meristem tissue to produce virus-free purple passion fruit plants. **Crop Protection**, v. 30, n. 11, p. 1425–1429, 2011.

RAAIJMAKERS, J. M.; PAULITZ, T. C.; STEINBERG, C.; ALABOUVETTE, C.; MOEÑNE-LOCCOZ, Y. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. **Plant Soil**, v. 321, p. 341–361, 2009.

RAMEH, L. M.; SANTOS, M. S. T. Extensão rural e turismo na agricultura familiar: encontros e desencontros no campo pernambucano. **Caderno Virtual de Turismo**, v. 11, n. 1, p. 49–66, 2011.

SÁ, G. Biotecnologia: A importância da biotecnologia no setor agrícola, 2018. Disponível em: <https://profissaobiotec.com.br/a-importancia-da-biotecnologia-no-setor-agricola/> Acesso em: 31 de março de 2022.

SEMPREBOM, Thais. Biotecnologia: Como e porque cultivar plantas *In vitro* ?, 2017. Disponível em: <https://profissaobiotec.com.br/biotecnologia-vegetal-como-e-por-que-cultivar-plantas-in-vitro/> > Acesso em: 31 de março de 2022.

SILVA, F. C. **Extensão rural e floricultura tropical para o desenvolvimento local: a cooperação no processo de inclusão competitiva dos agricultores familiares em Pernambuco**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.

SILVA, G. B.; BOTELHO, M. I. V. O processo histórico da modernização da agricultura no Brasil (1960-1979). **Revista de Extensão e Estudos Rurais**, v. 3, n. 1, p. 93–125, 2014.

SUSSEX, I. M. The Scientific roots of modern plant biotechnology. **The Plant Cell Online**, v. 20, n. 5, p. 1189–1198, maio 2008.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica AGB-TL**, v. 1, n. 2, p. 21–42, 2005.

UMESHA, S.; K. SINGH, P.; P. SINGH, R. **Microbial biotechnology and sustainable agriculture**. [s.l.]: Elsevier Inc., 2018.

ZILLI, J. É. *et al.* Resposta do feijão-caupi à inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 739–742, 2011.

Capítulo 7

PECUÁRIA LEITEIRA E SUSTENTABILIDADE

Sebastião Inocêncio Guido
Júlio César Vieira de Oliveira
Djalma Cordeiro dos Santos
José Nildo Tabosa

Introdução

A pecuária leiteira é uma das mais antigas e mais importantes atividades econômicas desenvolvidas pelo homem. Inicialmente surgiu como alternativa de sobrevivência, sendo o leite um alimento altamente nutritivo, contribui com o bem-estar da humanidade há milhares de anos (CLUTTON-BROCK, 1999).

Neste contexto, a espécie bovina assumiu destaque pela expressiva capacidade de suprir as demandas proteicas na alimentação das pessoas (FAO, 2007). O desenvolvimento das raças leiteiras especializadas foi fundamental para o crescimento da pecuária (ROBERTSON; RENDEL, 1950), juntamente com a base tecnológica necessária para sua manutenção, com isso os bovinos respondem por 83 % da produção mundial de leite (FAO, 2009).

A produção mundial de leite é sempre crescente, atingido 852 milhões de toneladas em 2019, um aumento de 1,4 % em relação a 2018 (FAO, 2020). No Brasil a produção de leite também sempre apresenta uma curva ascendente, constituindo uma importante atividade econômica para o país, sendo registrada uma produção de 35 milhões de toneladas em 2019, 3,1 % superior a 2018 (FAO, 2020).

Em Pernambuco a pecuária leiteira é uma atividade consolidada de relevante cunho social e econômico, tendo em vista ser desenvolvida predominantemente por mão de obra familiar em propriedades com área média de 21 ha. As principais bacias leiteiras estão localizadas no Agreste e no Sertão do Araripe, sendo respectivamente, responsáveis por 69 % e 19 % da produção de leite. Em 2018 o estado atingiu a maior produção de leite do Nordeste, 941 milhões de litros, sendo o 8º colocado na produção nacional com produtividade de 2.213 kg de leite por vaca ano⁻¹, superior a produtividade nacional que é de 2.135 kg, porém ainda inferior à média mundial de 2.300 kg (IBGE, 2019; FAO, 2020). Entretanto, considerando que as suas principais bacias leiteiras estão inseridas no semiárido, a pecuária de leite em Pernambuco

apresenta uma singularidade, tendo em vista as limitações edafoclimáticas impostas pelo elevado risco para produção agrícola na região, decorrente da irregularidade das chuvas (FAO, 2015).

Porém, as iniciativas governamentais de fomento a atividade, iniciadas na ainda no início do século passado, potencializaram o desenvolvimento da pecuária leiteira como uma alternativa para região agreste. No entanto, exigindo um maior esforço tecnológico e, principalmente, uma maior apropriação dessas tecnologias pelos pecuaristas da região. Haja vista o elevado mérito genético das matrizes bovinas criadas na região, associado a uma dieta á base de palma forrageira e silagem de sorgo terem contribuindo para atenuar esse impacto e garantido a manutenção de uma alta produtividade (GUIDO *et al.*, 2019; ARAÚJO *et al.*, 2020; ABREU *et al.*, 2020). Associado a isto houve a implantação de um expressivo parque industrial que contribuiu para consolidação da atividade.

Considerando que a sustentabilidade constitui um sistema integrado de práticas de produção agropecuária com aplicação específica local, que satisfaça as necessidades humanas por alimentos, aprimore a preservação ambiental e integrem a viabilidade econômica a qualidade de vida dos produtores, bem como, de toda sociedade a longo prazo (THOMPSON, 2007). Neste sentido, o IPA vem contribuindo ao longo de décadas para atender as demandas tecnológicas voltadas para o desenvolvimento e a sustentabilidade da pecuária de leite em Pernambuco. Quer seja na orientação os produtores para gestão genética direcionada dos rebanhos, bem como, para produção e conservação de forragem.

Neste contexto, o objetivo deste capítulo será apresentar uma síntese das principais contribuições do IPA para sustentabilidade da pecuária leiteira em Pernambuco.

Seleção de bovinos leiteiros

Tendo como objetivo selecionar bovinos com maior potencial produtivo e reprodutivo, adaptados às condições climáticas das diferentes mesorregiões de Estado de Pernambuco, o IPA implantou o programa de pesquisa em produção animal com foco nas raças leiteiras com maior eficiência e desempenho nas condições locais. Sendo implementadas ações para seleção das raças Holandesa e formação da raça Girolando.

Raça Holandesa

A raça Holandesa originou-se na região dos Países Baixos há mais de 2.000 anos, sendo selecionada estritamente para produzir leite. Apresenta boa adaptabilidade e responde com eficiência em diferentes condições climáticas (GUIDO *et al.*, 2011; BJELLAND *et al.*, 2013).

No Brasil presume-se que o gado Holandês foi introduzido entre os anos de 1530 a 1535 e vem sendo criado em Pernambuco desde 1930. A formação do rebanho Holandês que originou o banco ativo de germoplasma (BAG) do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA na Estação Experimental de São Bento do Una - EESBU foi iniciada ainda na década de 1930, tendo como base animais das fazendas de criação do então Departamento Nacional de Produção Animal – DNPA do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, sendo estes animais originários de rebanhos do Sul do país.

A partir da década de 1960 houve a introdução de material genético através de sêmen criopreservado importado dos Estados Unidos da América (EUA) e do Canadá, iniciando-se a multiplicação do rebanho base com a introdução de genótipos de animais submetidos a avaliação genética, principalmente, para a característica de ganho de produção. Em 1975 houve a introdução de um pequeno grupo de fêmeas oriundas do Uruguai. Desde então, vem sendo mantida até os dias atuais a introdução de genótipo importado através de sêmen de touros com elevado desempenho em mérito nas provas genéticas convencionais, sendo na atualidade utilizadas as provas genômicas como método de seleção. A partir disto, sendo realizado o acasalamento dirigido para as características desejáveis com base nos índices das provas genéticas americanas e canadenses. Destaca-se a utilização de sêmen de touros importados que contribuíram para evolução genética do BAG no período entre 1960 e 2020 (Tabela 1).

No período anterior se utilizava a monta controlada e havia o intercâmbio de animais entre as fazendas de criação do DNPA. Portanto, este BAG apresenta uma constituição genética ímpar, pois durante esse período de seleção os animais vêm passando por um processo de adaptabilidade as condições edafoclimáticas do agreste semiárido (GUIDO *et al.*, 2011; ARAÚJO *et al.*, 2020). Fato que contribuiu significativamente para constituição genética do rebanho leiteiro de Pernambuco e, conseqüentemente, para o desenvolvimento e manutenção das suas principais bacias leiteiras.

Haja vista, Pernambuco na atualidade possuir os maiores rebanhos da raça Holandesa do Norte/Nordeste, os quais apresentam uma produtividade média de 32,46 kg vaca dia⁻¹ (ABREU *et al.*, 2020). Bem como, deve-se considerar que desde a sua implantação este BAG teve como um dos principais objetivos a difusão de germoplasma de animais selecionados para fomento da pecuária de leite na região, sendo uma das principais ações a disponibilização de touro jovens para utilização como reprodutores. Diante disto, comprova-se a evolução genética do rebanho leiteiro de Pernambuco, o qual apresenta uma produtividade de 2.213 kg de leite por vaca ano, superior a produtividade nacional que é de 2.135 kg (IBGE, 2019).

Tabela 1. Principais touros da raça Holandesa utilizados para inseminação artificial na EESBU/IPA – 1960 - 2020

Touro	Registro	Origem	Ano
Wis Capitain	1144239	EUA	1960
Forest Lee Centurion Lucky Rokat	266543	EUA	1965
Proclamar Astronaut	AX-8679	EUA	1970
Procalmar Bootmaker	AX-11338	EUA	1975
Arlinda Forty Niner Star	AX-10089	EUA	1980
A. Birch Hoolow Royalty	AX-18430	Canadá	1985
Tri-Day Valiant Gold	AX-35467	EUA	1990
Maizefield Bellwood-ET	AX-80928	EUA	1995
Etazon Lodr Lily-ET	AX-92039	EUA	2000
Ladys-Manor Wildman-ET	AX-17664	EUA	2005
Picston Shottle-ET	AX-125530	Grã-Bretanha	2010
Maple-Downs-I GW Atwood-ET	AX-130581	Canadá	2012
Comestar Lauthority	AX-132451	Canadá	2015
Lone-Oak-Acres AltaRabo-ET	AX144219	EUA	2020

Fonte: Oliveira *et al.*, 2020.

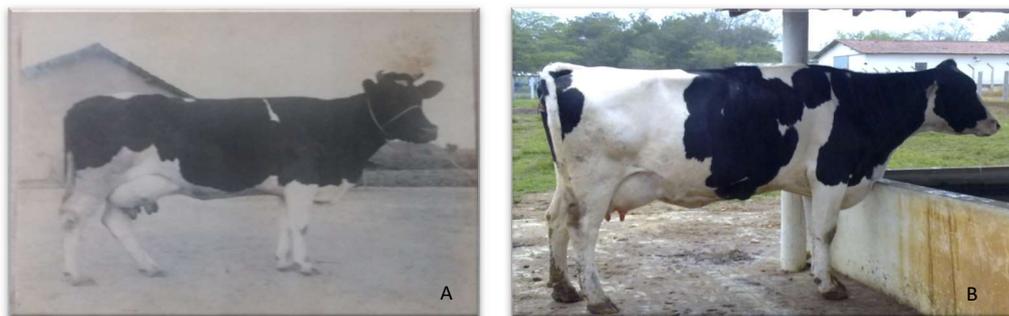
O ganho de produtividade compõe um dos principais objetivos para sustentabilidade dos sistemas produtivos, sendo assim, a seleção de animais mais eficientes contribui com a constituição de rebanhos com melhores índices produtivos e reprodutivos. Portanto, na formação inicial do BAG as vacas base (Figura 1-A) apresentavam uma produção média de 2.100 kg de leite em 270 dias de lactação. Com a evolução do programa de seleção genética as vacas atuais do BAG (Figura 1-B) apresentam uma produção média de 9.500 kg de leite por lactação encerrada aos 305 dias.

Estes resultados também foram evidenciados por Abreu *et al.* (2020) em diferentes rebanhos da raça Holandesa criados no agreste de Pernambuco, os quais

registram uma média diária 32,46 kg de leite por vaca. Sendo superior às produções médias diárias registradas por Silva *et al.* (2011) e Bondan *et al.* (2018), que foram de 31,07 e 25,50 kg de leite por vaca, respectivamente, em animais da mesma raça criados na região Sul do Brasil. Todavia, inferior à produção média diária de 41,45 kg leite dia⁻¹ registrada nos EUA, país com mais tempo de seleção e condições climáticas mais favoráveis (BJELLAND *et al.*, 2013).

Em contrapartida, com o ganho genético para produção houve uma redução do número de partos, pois nas vacas base a média de partos era superior a 5 ocorrências enquanto nas atuais a média é de 3,2 partos. Contudo, esta redução da eficiência reprodutiva em detrimento do ganho de produtividade é mundialmente relatada em bovinos leiteiros nas últimas décadas (MOORE; THATCHER, 2006).

Figura 1. Vacas da raça Holandesa, Craemelle MyCasinha123, 1938 (A) e IPA Valeriana Maxie V-33, 2006 (B). EESBU/IPA.



Fonte: Acervo da EESBU/IPA.

Essa evolução genética foi possibilitada a partir de uma maior variabilidade genética com a implementação da inseminação artificial (IA) como ferramenta de multiplicação dos rebanhos leiteiros que ocorreu mundialmente a partir da década de 1960, com o domínio do congelamento de sêmen bovino (VISHWANATH, 2003). A seleção de touros com mérito genético através de testes de progênie, associada aos avanços na tecnologia de criopreservação de sêmen, possibilitaram uma maior difusão mundial dos genes das raças leiteiras (ROBERTSON; RENDEL, 1950).

Em relação ao desempenho reprodutivo de bovinos da raça Holandesa no agreste pernambucano, Guido *et al.* (2011) registraram a ocorrência de ciclicidade ao longo do ano, bem como, taxas de concepção de 56,0 % em nulíparas, 43,8 % em primíparas e 34,1 % para pluríparas. Enquanto o intervalo entre partos médio foi de

15,3 meses e as fêmeas atingiram a puberdade aos 8 meses. O número de serviço foi de 1,5 inseminações/concepção e a taxa de natalidade semestral de 69,9 %. Ainda sendo registrada nas fêmeas baixa incidência de distúrbios reprodutivos (GUIDO *et al.*, 2016). Entretanto, apesar de atingirem a puberdade cedo, as fêmeas da raça são submetidas a reprodução somente após atingirem 330 kg de peso e 12 meses de idade.

Os bezerros, geralmente, apresentam peso ao nascer médio de 35 kg e peso médio ao desmame peso superior aos 90 kg. Entretanto, de acordo com Guido *et al.* (2011) não foi registrada influência de fatores climáticos sobre os parâmetros reprodutivos, assim corroborando os achados de Araújo *et al.* (2020) quanto a frequência do gene HSP-70.1, o qual está associado a tolerância térmica. Ainda segundo Araújo *et al.* (2020) houve associação dos polimorfismos do gene com a produção de leite para os animais do BAG de Holandês do IPA ($p < 0,0001$).

Considerando as atuais necessidades de critérios mais apurados de seleção nos programas de melhoramento genético, a seleção genômica constitui uma ferramenta indispensável. Neste contexto, a realização da avaliação do perfil genômico das fêmeas da raça Holandesa vem proporcionando resultados bastante promissores, a exemplo do que foi constatado no rebanho Holandês do IPA, que 63 % das fêmeas avaliadas apresentou capacidade de transmissão prevista genômica (“*Genomic Predicted Transmitting Ability*” – GPTA) positiva para produção de leite e 48 % delas apresentando GPTA superior a 200lbs. Tendo sido registrado bezerras GPTA superior a 1900 lbs para produção de leite. Quanto ao Índice de desempenho (TPI), o qual contempla produção, conformação, saúde, longevidade e características de manejo, 70 % das fêmeas apresentaram resultado superior a 1500 pontos, sendo o valor médio de 1629 pontos, com fêmeas apresentando 2081 pontos.

Outra ferramenta de seleção utilizada na região é a classificação morfológica linear, sendo obtidas médias de 82 e 84 pontos e categoria B+ para as fêmeas classificadas entre 2010 e 2019. Com distinção para a vaca IPA Fogaça Atwood F-47 com 91 pontos e categoria excelente. Bem como, para vaca IPA Havaiana J. Faraó Planet H-05 classificada com 90 pontos e categoria excelente.

Portanto, gado Holandês do IPA apresentam uma importante inserção no setor produtivo da pecuária de leite no agreste de Pernambuco, tendo em vista a inseminação artificial ainda apresentar uma limitada utilização na região e com isso haver uma demanda sempre ascendente por touros jovens desta raça para servirem

como reprodutores. Neste sentido, as ações finalísticas das pesquisas desenvolvidas na EESBU/IPA visam contribuir com a sustentabilidade através da disponibilização desse germoplasma para os rebanhos da região.

Raça Girolando

Atualmente o aquecimento global tem sido discutido mundialmente, uma vez que sua consequência está provocando mudanças acentuadas nos climas das diferentes regiões do planeta, assim exigindo um melhor conhecimento das espécies e raças que apresentem potencial genético com maior capacidade de adaptabilidade, sendo capazes de sobreviver, produzir e reproduzir-se em condições adversas de clima, principalmente nos ambientes tropicais e intertropicais. O Brasil se encontra na faixa intertropical e tem aproximadamente dois terços de seu rebanho localizado nesse ambiente (ALVES, 2012).

A faixa intertropical se caracteriza principalmente pela alta incidência de luminosidade local, onde a temperatura é muito elevada durante todo o ano. Nessa Região as chuvas não são bem distribuídas no decorrer do ano. Dentro dessa área está o Nordeste que ocupa um quinto do território nacional, dos quais 63 % é ocupado pelo semiárido, região marcada pelas baixas precipitações pluviométrica e longos períodos de seca (ARY, 2013).

Nessa região, a utilização sustentável dos recursos genético animais, se constitui numa estratégia importante para a produção de alimentos, principalmente aqueles considerados adaptados a áreas específicas bem como devido à importância social, econômica e cultural para as populações que ocupam essas áreas. Nesse contexto, a raça Girolando desempenha importante papel na sustentabilidade da pecuária de leite devido a sua capacidade adaptativa, sendo responsável por aproximadamente 80 % da produção de leite do Brasil.

A Raça Girolando é o produto do cruzamento entre bovinos Holandês e Gir, passando por várias composições genéticas visando a fixação do padrão racial no 5/8 Holandês + 3/8 Gir. Após essa formação são realizados acasalamentos entre os animais 5/8 Holandês + 3/8 Gir, para se obter Girolando Puro Sintético (PS). O Girolando conjugou a rusticidade do Gir e a produção do Holandês, adicionou características desejáveis das duas raças em um único tipo animal, fenotipicamente superior, com qualidades imprescindíveis para produção leiteira em regiões semiáridas

A raça Girolando vem sendo estudada na Estação Experimental de Arcoverde – EEA/IPA. A unidade desenvolve pesquisas em pecuária de leite com a finalidade de promover desenvolvimento de tecnologias para agropecuária, que tornem essa atividade leiteira mais competitiva aproveitando as vantagens do clima semiárido, utilizando animais que apresentem rusticidade e produtividade.

No final da década de 1960 o IPA iniciou um trabalho de cruzamentos com bovinos, visando aliar a alta produtividade da raça Holandesa à rusticidade do Zebu, obtendo assim um animal mais adaptado às condições adversas do Semiárido. O objetivo principal deste programa era, portanto, orientar e disciplinar o trabalho de pecuaristas empenhados na melhoria da produção de carne e leite, com a utilização do método de reprodução em que intervêm reprodutores taurinos e zebuínos. Com o cadastramento do IPA no Programa de Cruzamentos Dirigidos (Procrúza) criado em 1978 pelo Ministério da Agricultura, esta instituição passou a ter direito a certificados de origem e produção dos animais registrados e controlados. Como se sabe, o Procrúza estabelecia o padrão racial e executava provas zootécnicas dos animais enquadrados no programa (controle ponderal, controle leiteiro, provas de ganho de peso e avaliação de carcaças). Os primeiros cruzamentos realizados pelo IPA utilizavam reprodutores da raça Holandesa e matrizes das raças Gir, Guzerá e Indubrasil.

A partir de 1983, os cruzamentos se fixaram apenas entre as raças Holandesa e Gir, cujas fêmeas 1/2 sangue resultantes eram cruzadas novamente com touros Gir, dando origem a animais 3/4 Gir + 1/4 Holandês. As fêmeas com este grau de sangue eram cruzadas com reprodutores da raça Holandesa, resultando então animais 5/8 Holandês + 3/8 Gir, denominados Girolando, os quais cruzados entre si deram origem aos chamados Bimestiços que hoje são chamados de PS. No momento estão sendo testadas e selecionadas as gerações de PS (5/8 Girolando) que foram obtidas até o presente, cujos animais já se encontram na sétima geração.

Durante esses 40 anos, esses animais foram selecionados nas condições semiáridas com a finalidade de obter um animal mais produtivo nessas condições e desempenham importante papel no desenvolvimento da pecuária do estado de Pernambuco. Os principais resultados obtidos com o trabalho de seleção e melhoramento genético do Girolando IPA se reflete em dois touros provados no teste de Progênie: IPA Bochecho e IPA Cajano. O touro IPA Bochecho apresentou no

sumário de touros 2017 PTA 94,5 kg de leite e genótipo A2A2 para Beta-caseína e apresenta forte consistência de pedigree materno de origem IPA (SILVA *et al.*, 2017).

Hoje o touro IPA Bochecho contribui com seu potencial genético por todo o Brasil. Como exemplo citamos a vaca Linda da cachoeira, da propriedade de Sr. Carlos Robertos Martins, no município de Resende No Rio de Janeiro, que foi classificada como uma das melhores vacas PS do Brasil. Já o touro IPA Cajano foi o melhor touro PS avaliado no sumário de touros 2018 apresentando PTA para leite de 161,23 kg e genótipo A2A2 para beta caseína, e apresentando características importantes para qualidade de úbere e ótima padronização das filhas (SILVA *et al.*, 2018). Os dois touros possuem sêmen na central para disponibilização de sêmen em maior escala.

As fêmeas Girolando IPA também se destacam, pois em 2013 iniciou-se avaliações das principais fêmeas Girolando pela Associação Brasileira de Criadores de Girolando e que foram divulgadas em um Sumário, contendo as 1.000 vacas de maiores PTAs para a produção de leite. Nesse sumário constam duas vacas pertencentes a EEA: A vaca IPA Oceanográfica, que apresentou valor genético de 1398 kg para leite e a IPA Menina com valor genético de 1274 kg de leite (SILVA *et al.*, 2015). O trabalho de seleção da raça Girolando é de grande importância para pesquisas nas áreas de melhoramento genético uma vez que esses animais são selecionados em condições semiáridas e apresentam constituição genética singular, melhor resistência às temperaturas do clima semiárido e bom potencial de produção de leite, que contribuem com o desenvolvimento da pecuária leiteira do Estado

Uma característica importante da raça Girolando é a habilidade na utilização de alimentos de baixa qualidade e alta capacidade de recuperar a produção de leite a mudanças na alimentação, visto que nas condições limitantes do semiárido, ocorre flutuação produtiva em razão da escassez de forragens, devido ao período de estiagem. Sendo assim os animais Girolando a EEA tem como base principal de sua alimentação a palma forrageira e como fonte de fibra utiliza-se cana-de-açúcar, bagaço de cana ou silagem de sorgo. A utilização de palma forrageira já é uma realidade na alimentação de ruminantes em diversas regiões carentes de recursos hídricos em várias regiões do mundo e já foi documentado sendo apontada como alternativa a diversos alimentos convencionais empregados na nutrição animal. (FERREIRA *et al.*, 2009).

Com base nesse manejo alimentar e na utilização de instalações rústica é realizado a seleção dos animais objetivando um gado produtivo e padronizado, buscando a consolidação do PS. Na Tabela 2 são apresentadas as médias para o desempenho das vacas Girolando PS.

Na Tabela 2 observa-se que os animais de gerações 5/8, PS1, PS2, PS3 e PS4 não apresentaram diferenças significativas com relação aos dias de lactação, produção por lactação, intervalo de partos e idade ao primeiro parto. Demonstrando que não há perda de potencial produtivo com o avanço dos acasalamentos entre os PS. Fato esse atribuído a gestão genética do rebanho ao longo dos anos de seleção, onde procurou-se maximizar a variabilidade genética evitando depressão endogâmica no rebanho (OLIVEIRA *et al.*, 2010). É observado também que a produção média de leite dos animais Girolando são maiores que a média brasileira que é de 1.600 L (SNA, 2017). A idade ao primeiro parto demonstra precocidade, revelando adaptabilidade as condições semiáridas

Tabela 2. Desempenho produtivo e reprodutivo de vacas Girolando Puro Sintética IPA

GG	Dias de Lactação	Produção lactação	IP	IPP
5/8	300,33±19,71 ns	2771.85±131,02ns	445±96	1101±163
PS1	329,76±15,95ns	3146,07±205,10ns	413±83	1083±150
PS2	329,10±30,72ns	3482,74±207,06ns	433±91	1075±167
PS3	333,88±41,06ns	2810,76±120ns	426±85	990±135
PS4	225,26±63ns	2144,85±92ns	436±87	1025±170

IP- Intervalo entre partos; IPP Idade ao Primeiro Parto

Fonte: Oliveira *et al.*, 2020.

Segundo Oliveira, Santos Filho e Arcanjo (2010) as vacas Girolando também demonstraram um aumento linear na produção de leite até os 7 anos onde produzem mais leite, depois mantiveram a produção dos 7 aos 11 anos demonstrando longevidade. Araújo *et al.* (2018) estudando a curva de lactação de vacas Girolando no semiárido demonstraram que os animais estudados são persistentes quanto à duração da lactação, indicando capacidade de convivência com o ambiente semiárido. Denis *et al.* (2017) estudando o mesmo rebanho observaram variabilidade genética do gene SLC11A1 que é responsável por resistência a doenças e tem efeitos nas características produtivas, bem como Araújo *et al.* (2018) observaram a variabilidade

no gene HSP que é responsável pela promoção de tolerância ao calor. Todas essas informações contribuem para utilização do Girolando PS para promover melhoramento genético dos rebanhos leiteiros do semiárido.

Seleção de plantas forrageiras

Palma forrageira

A palma forrageira foi introduzida no Brasil no século dezoito com objetivo de criar a cochonilha do carmim para produção de corante. Sem o sucesso esperado, passou a ser cultivada como planta ornamental. No início do século vinte, um produtor, na cidade da Pedra-PE, constatou que se tratava de uma planta forrageira, fato que compartilhou com seus conhecidos. O Semiárido nordestino tem muitas variações quanto as características edafoclimáticas, com muitas variações na distribuição das chuvas e altitudes, entre outras. Fatores estes que podem condicionar um melhor desempenho no cultivo da palma, a exemplo das condições ambientais do Agreste de Pernambuco, Alagoas, Paraíba e Sergipe.

Trata-se de cactáceas fisiologicamente do grupo MAC (Metabolismo Ácido das Crassuláceas), as quais se caracterizam por fechar os estômatos durante o dia, período em que a temperatura geralmente é alta, e abrir à noite, sob condições de temperaturas amenas. Segundo Nobel (1995), em temperaturas em torno de 15 °C noturna e 25 °C diurna, a palma *Opuntia ficus-indica* (Mill.) atinge seu potencial produtivo de 100 %. Quando essas temperaturas passam, respectivamente, para 20 °C e 30 °C, pode ocorrer uma redução produtiva de 80 % e para 25 °C e 35 °C, essa redução fica em torno de 40 %. Pesquisas em andamento tem apontado esta cactácea como uma planta MAC alternativa.

Até hoje a palma é o principal suporte forrageiro para bacias leiteiras do Nordeste do Brasil. Apresenta alto valor energético e uma quantidade de água que oscila geralmente de 85 % a 90 %. Contudo, pobre em proteína e fibra. Teores estes que devem ser corrigidos na formulação das rações, principalmente, para vacas em lactação. A palma não perde qualidade com o avanço da idade, o que significa dizer que, pode permanecer no campo por anos, dispensando assim, sua conservação na forma de feno ou de silagem.

Nas últimas duas décadas, a Bahia aumentou sua área de cultivo, bem como o Ceará e o Rio Grande do Norte, sendo nestes dois últimos Estados, cultivada com complementação hídrica em áreas com altas temperaturas noturnas. O Piauí também

já começa o cultivar esta forrageira. Atualmente Pernambuco, Paraíba e Sergipe substituiriam quase que totalmente a palma Gigante pela Orelha de elefante mexicana, a qual é resistente a cochonilha do carmim e mais produtiva. Estima-se que o Nordeste tenha cerca de 500 mil hectares de palma, entretanto não se tem registro preciso dessa área.

O IPA é pioneiro em pesquisa com a palma forrageira, as quais foram iniciadas em 1958 em parceria com a UFRPE. Os primeiros trabalhos foram realizados nas décadas de 1950 e 1960, mais especificamente com foco em manejo, adubação, plantio, colheita e desempenho animal (ganho de peso e produção de leite de bovinos). Os trabalhos realizados ficaram mais restritos as cultivares Gigante, Redonda (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill) e Miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck), as quais eram, naquele período, as mais utilizadas pelos produtores do Semiárido. A maioria desses trabalhos contou com a participação de estudantes de pós-graduação da UFRPE, notadamente a partir de 1980.

A palma Gigante se estabeleceu como a mais cultivada em Pernambuco até o início deste século, em função de sua adaptação ao clima e ao manejo adotado pelos criadores, fazendo com que a maioria dos trabalhos de pesquisa se reportem a esta variedade. A adubação orgânica tem apresentado respostas mais significativas do que a adubação mineral. Quando usada isolada, a adubação orgânica tem promovido respostas lineares positivas até a dosagem de 100 t ha⁻¹ ano⁻¹. Contudo, o IPA tem recomendado adubações em torno de 20 t ha⁻¹ de matéria orgânica após cada colheita. Apesar de que, análises de solo são necessárias para acompanhamento da fertilidade do solo e se necessária, reposição mineral.

Santos *et al.* (2008) avaliando o clone IPA-20 sob diferentes níveis de adubação orgânica (esterco bovino), em dois municípios de Pernambuco (Arcoverde e Caruaru), e observaram que aos dois anos pós plantio houve uma resposta produtiva linear positiva com o aumento da adubação orgânica até 80 t de esterco bovino ha⁻¹ dois anos⁻¹. É importante mencionar que essa dosagem de 80 t ha⁻¹, com base em matéria seca, equivale a cerca de 120 t de esterco bovino em matéria natural. Respostas significativas também foram obtidas com adubações nitrogenadas (LIMA *et al.*, 1974; DUBEUX JR. *et al.*, 2010).

Independente da densidade de plantio, a cultura da palma responde muito bem a capinas e roços. Em plantios tradicionais, os tratos culturais podem ser um roço no final da estação chuvosa e em plantios adensados devem ser efetuadas, em média,

três capinas por ano. Em áreas experimentais do IPA, Farias *et al.* (1998) observaram que os herbicidas de pré-emergência Tebuthiuron, Ametryne em uso exclusivo ou aplicado junto com Simazine, o Diuron aplicado isoladamente ou com Trifluralina nas dosagens recomendadas pelos fabricantes, foram eficientes no controle de plantas daninhas dos palmais, sem registro de efeitos adversos nas plantas e no solo. Entretanto, esta prática não se estende as produções comerciais pela inexistência de herbicidas registrados pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA para a referida cultura.

Em trabalho realizado na sexta década do século passado com a palma Gigante e silagem de milho em vacas holandesas, a produção de leite não apresentou diferença significativa, já os teores de gordura do leite foram superiores nas vacas que consumiram silagem quando comparadas as que consumiram só palma. A variação de peso foi de -456g dia^{-1} , -230g dia^{-1} e 437g dia^{-1} , respectivamente (SANTANA, 1972). Esses resultados levaram os pesquisadores e produtores a restringir o uso da palma na alimentação de gado de leite na região. Só com a realização de análises bromatológicas mais detalhadas foi possível constatar que o problema era a quantidade e a qualidade da fibra da palma.

Outro aspecto importante se refere a menor ingestão de água por animais alimentados com dietas a base de palma forrageira. Vacas holandesas que ingeriam $136,4\text{ L de água dia}^{-1}$, passaram a ingerir apenas $7,83\text{ L de água dia}^{-1}$, com a inclusão de palma em 51 % da dieta (OLIVEIRA, 2006). Lima 2003, observou ainda que essa ingestão pode variar com a variedade de palma fornecida, de forma que ocorreu uma ingestão de $6,64\text{ L}$ e $25,50\text{ L de água dia}^{-1}$ em vacas 5/8 Girolandas, alimentadas com dietas a base de palma Gigante e Miúda, respectivamente. Contudo, sem efeito significativo quanto a produção de leite e o teor de gordura em vacas holandesas (SANTOS *et al.*, 1992) e Girolandas 5/8 (SANTOS *et al.*, 2001), independente da variedade de palma utilizada (Gigante, Redonda e Miúda).

Após a ocorrência da cochonilha do carmim *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) no início deste século, as variedades Gigante, Redonda e Clone IPA- 20 deixaram de ser recomendadas por serem susceptíveis ao referido inseto. A partir daí a identificação e seleção de variedades imunes ou resistentes a *D. opuntiae* tornou-se o principal objeto de estudo das pesquisas com a palma forrageira naquele momento, tendo em vista os prejuízos causados por esta praga no Semiárido brasileiro. Em 2006 o IPA passou a recomendar os clones IPA-Sertânia - IPA 200205, Miúda - IPA 100004

e a Orelha de elefante Mexicana - IPA 200016, considerados como os mais promissores no seu respectivo processo seletivo.

Entre 2008 e 2018, com um grande apoio do governo do Estado, foi distribuído mais de 60 milhões de “raquetes sementes” destas três variedades, sendo mais de 95 % destinada para a agricultura familiar. Os resultados obtidos até o momento demonstram que a cultivar Orelha de elefante mexicana se apresenta como o clone mais produtivo dentre todos os já cultivados no Brasil. A produção desta cultivar também responde de forma linear positiva à adubação orgânica de até 100 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Aumentos produtivos e de consumo animal pela melhoria da turgidez da palma no período seco do ano, podem ser obtidos com o fornecimento de uma complementação hídrica “irrigação”. Neste sentido, Queiroz *et al.* (2014) registrou uma evapotranspiração acumulada de 985,77 mm, com média de 2,69 mm dia⁻¹ e coeficiente da cultura de 0,52 para palma Orelha de elefante mexicana nas condições de Serra Talhada-PE. Experimentos em andamento no município de Ibimirim-PE tem demonstrado que uma complementação hídrica entre 100 mm e 120 mm no verão (durante 90 dias a 120 dias) promoveu um incremento de 100 toneladas ha⁻¹ ano⁻¹ na palma Orelha de elefante mexicana. Não existe diferença para produção de leite de vacas e cabras alimentadas com diferentes variedades de palma forrageira, Tabela 3.

Tabela 3. Produção de leite em vacas Holandesas e Girolanda 5/8 em pesquisas realizadas em São Bento do Una e Arcoverde, utilizando dietas com diferentes variedades de palma forrageira

Local	Raça	Variedade	Kg L dia ⁻¹	Fonte
S. B. do Una	Holandesa	Gigante	21,78	Cavalcanti, 2008
Arcoverde	Girolando 5/8	Gigante	14,00	Rocha Filho, 2012
S. B. do Una	Holandesa	Miúda	20,10	Monteiro, 2017
Arcoverde	Girolando 5/8	Miúda	14,10	Rocha Filho, 2012
S. B. do Una	Holandesa	O.E.M.	20,30	Monteiro, 2017
Arcoverde	Girolando 5/8	O.E.M.	14,40	Inácio, 2020

Recomenda-se plantio em espaçamento de 1,5 m a 2,0 m entre linhas e 0,20 m a 0,50 m entre plantas, sob manejo de colheita a cada dois anos, na intensidade de corte em que se preserva na planta as raquetes primárias. Avaliando horários de

colheita, observou-se que esta cultivar apresenta pH de 3,8 às 6 horas e de 5,0 às 17 horas. Santos *et al.* (2014). Dessa forma, recomenda-se a realização de colheitas após às 15 horas, visando obter uma forragem menos ácida.

Sorgo

No semiárido brasileiro, os produtores são em grande parte dependentes das flutuações climáticas, notadamente de fatores adversos como uma errática e escassa distribuição de chuvas. Sendo este fator de ocorrência normal, é importante o somatório de medidas e ações que objetivem uma convivência adequada no âmbito da oferta permanente de volumosos. Dentre estas ações, vêm sendo recomendado o uso de plantas forrageiras de elevada economia hídrica e que detenha mecanismos adaptativos de convivência com o semiárido, como a palma e o sorgo forrageiro/silageiro. Esse tipo de recomendação visa o uso do sorgo, principalmente o no período estival do ano, atendendo o manejo e ao uso estratégico da forragem, potencialmente digestível, na forma de corte, feno, restolho e silagem (TABOSA *et al.*, 2013a).

Nesse âmbito, o IPA, a Embrapa e diversas empresas vem desenvolvendo cultivares de sorgo forrageiro, silageiro e sacarinas (de elevada produção de biomassa e com características de lavoura xerófila) para uso na alimentação animal, destinadas à recomendação para o semiárido de Pernambuco e regiões similares. Vale frisar que um hectare de sorgo forrageiro atende, em consumo de volumoso, oito bovinos ou 50 caprinos/ovinos, por um período de 150 dias. Outro fato importante é que, no Zoneamento de Risco Climático do MAPA, o Estado de Pernambuco apresenta condições de cultivo de sorgo para a grande maioria dos municípios do semiárido, considerando às exigências de solo e de clima “per se”.

O sorgo é uma gramínea considerada adaptada às regiões tropicais de clima quente e seco, sobretudo em regiões semiáridas, com uma boa produção de forragem verde. A adaptabilidade do sorgo às condições ambientais severas (especialmente déficit hídrico e salinidade do solo) confere sua importância para a região, além de apresentar retornos produtivos e econômicos altos, quando comparado à cultura de milho nessas condições. O sorgo forrageiro pode ser comparado ao milho em relação ao seu valor agrônomo e nutritivo. O sorgo oferece flexibilidade de utilização na alimentação animal, sendo a produção de silagem e de grãos uma importante fonte de alimentação para bovinos. O sorgo em grãos possui teor energético e proteico

semelhante ao milho (80 % vs 83 % de NDT e 9,7 % vs 11,0 % PB, respectivamente), constituindo uma fonte eficaz tanto de amido como de proteína, tanto para bovinos em crescimento quanto para produção de carne e leite (FERREIRA *et al.*, 2009; FAO, 2017).

A utilização do sorgo na alimentação dos ruminantes como forma de silagem, tem se tornado muito comum para minimizar a escassez de pastagem causada pelos períodos de estiagem. O sorgo forrageiro tem sido uma excelente escolha para a produção de silagem, pela facilidade de cultivo, por fornecer maior produção por área de massa verde que o milho, em condições de sequeiro, bem como pela qualidade da silagem. A pecuária do semiárido está constantemente sujeita à falta de alimentos no período de estiagem, seja de grãos seja de volumosos, dificuldades que impõem a importação de milho e de outros produtos, que oneram o processo produtivo. Logo fica evidente a importância da cultura de sorgo para pecuária no semiárido, garantindo a segurança alimentar regional (NASCIMENTO *et al.*, 2006; TOLENTINO *et al.*, 2016).

Quanto à natureza de utilização, são caracterizados em seis tipos de sorgo: granífero, forrageiro, sacarino, sudanense (herbáceo), biomassa e vassoura. Existem ainda os chamados de sorgos de duplo propósito, quando da mesma planta é explorada mais de um produto. Nos pólos de exploração da pecuária de leite no semiárido pernambucano, os tipos de sorgo recomendados prioritariamente são os forrageiros (forrageiros de colmo sacarino) e os de dupla finalidade. O sorgo granífero: Apresenta porte baixo, altura média de planta até 170 cm, que produz na extremidade superior uma panícula (cacho), onde se localizam os grãos (principal produto deste tipo de sorgo). Após a colheita do grão, o resto da planta ainda se encontra verde (subproduto denominado de restolho), podendo ser usado como feno ou pastejo. Na Figura 2 pode ser observada uma área de sorgo granífero/duplo propósito no agreste semiárido de Pernambuco. No detalhe: grãos secos e biomassa ainda verde.

No caso vertente, a exploração é para grãos seguida do restolho para feno. Sendo a lavoura destinada para produção do grão, é importante frisar que após a colheita deste, o restolho poderá ser aproveitado. No ponto de colheita do grão, observa-se que o restolho continua verde, caracterizando o “staygreen” da cultivar. Pode também ser explorada para silagem, desde que colhida na fase de grãos leitosos/pastosos. Em face disso, essa variedade é considerada de duplo propósito. Pode ainda após a colheita dos grãos maduros (secos), colocar animais para pastejo direto visando a exploração do restolho (TABOSA *et al.*, 2013a).

Figura 2. Área de sorgo granífero / duplo propósito – IPA 1011 seleção 2000.



Fonte: Acervo do IPA.

O sorgo forrageiro tradicional ou silageiro é de porte alto, altura de planta superior a três metros, ciclo de médio a tardio, elevada produção de forragem e adaptado ao semiárido e regiões similares. Já o tipo forrageiro de porte médio, tem ciclo precoce e altura de até 2,50 m, apresenta panícula compacta e bem granada que pode ser colhida na fase leitosa/pastosa para uma silagem enriquecida (Figura 3).

Figura 3. Vista parcial de uma área de sorgo forrageiro/silageiro tradicional, tardio e de porte alto – SF 15. No detalhe o sorgo de porte baixo é o forrageiro precoce para silagem com grão enriquecido.



Fonte: acervo do IPA.

Na Figura 4, pode ser visto uma área de sorgo forrageiro de duplo propósito precoce para colheita de silagem enriquecida com os grãos na fase leitosa/pastosa.

O sorgo sacarino: Com altura de planta superior a três metros é caracterizado principalmente por apresentar colmo doce e succulento, como o da cana-de-açúcar. A panícula é aberta e produz poucos grãos (sementes). A exploração desse tipo de

sorgo é destinada a obtenção de etanol carburante. Pode também ser cultivado em sucessão às áreas de plantio, de renovação e de entressafra da cana-de-açúcar, nas agroindústrias produtoras de etanol (VASILAKOGLHOU *et al.*, 2011).

Figura 4. Sorgo duplo propósito BRS Ponta Negra - colheita para forragem. Agreste de Alagoas, 2011.



Fonte: Acervo do IPA.

O mais importante: No semiárido, pode ser utilizado como forrageiro, na forma de silagem e de corte. Toda cultivar de sorgo sacarino pode também ser utilizado como forrageiro. De fácil manejo, apresenta um ciclo vegetativo/reprodutivo entre 120 dias e 130 dias. Difere do sorgo forrageiro tradicional pelo fato de possuir o colmo suculento e rico em açúcar (Figuras 5 e 6).

Figura 5. Sorgo forrageiro de colmo sacarino – Pão de Açúcar – AL.



Fonte: Acervo do IPA.

Figura 6. Sorgo forrageiro de colmo sacarino - IPA 467, Canindé do São Francisco - SE.



Foto: Acervo do IPA.

O sorgo sudanense – *Sorghum sudanense* (também denominado de sorgo sudão, capim sudão e sorgo sudan, é de outra espécie de sorgo, um tipo herbáceo, de perfilhamento vigoroso e alto poder de rebrota, diferente da espécie *Sorghum bicolor*) é caracterizado por apresentar ciclo precoce, sendo colhido a intervalos de 40 dias a 50 dias, de porte médio, elevado valor nutritivo de forragem, com tolerância à salinidade e aptidão principal para feno. Pode oportunamente ser utilizado também para silagem. Na Figura 7, pode ser vista uma área de sorgo sudão para de feno.

Figura 7. Vista parcial de uma área de sorgo sudão para produção de feno, agreste de Pernambuco – 2020.



Foto: Acervo do IPA.

O sorgo pode ser plantado de duas maneiras: manual ou na plantadeira. É importante que antes do plantio o terreno esteja bem preparado e limpo. Convém salientar que caso a área destinada ao plantio apresente grande ocorrência de espécies infestantes do gênero *Cynodon* (grama-de-burro ou similar) e *Cyperus* (tiririca ou similar) proceder a aplicação prévia de herbicida específico para exterminá-las ou usar outro meio eficaz.

Nessa etapa de implantação é importante se recorrer ao uso de um sistema de produção adequado para o semiárido (Tecnologia de produção de sorgo) onde todas as etapas do processo produtivo sejam contempladas, a partir da escolha da área, tipos de plantio (se manual ou mecanizado), época de plantio (implica no uso do zoneamento de risco climático para a cultura), procedimento de análise de solo para recomendação de calagem e fertilização, uso de herbicida, utilização de práticas culturais no controle de pragas (principalmente controle prévio de formiga cortadeira, lagarta elasma e diferentes brocas do colmo) e de doenças.

Realizar a colheita do sorgo para ensilar quando os grãos estão no ponto pastoso-farináceo, onde o teor de matéria seca provavelmente situa-se em torno de 30 %. Colheitas mais tardias resultam em redução no valor nutritivo, uma vez que grãos mais maduros têm maior possibilidade de serem eliminados inteiros nas fezes dos animais. Por outro lado, o sorgo ensilado com teores de matéria seca abaixo de 25 % poderá resultar em silagem de baixa qualidade e em perdas elevadas devido à excessiva umidade da forragem, acarretando em lixiviação dos princípios nutritivos e fermentação inadequada.

A colheita poderá ser manual, para pequenas áreas de produção, ou mecânica, para áreas maiores. Na colheita manual, são utilizadas ferramentas de uso manual e as plantas devem ser picadas próximo ao silo em picadoras estacionárias. Na colheita mecânica, se faz uso de ensiladoras tracionadas por trator, que realizam o corte e fragmentam o material (NEUMANN; RESTLE; BRONDANI, 2004; VALADARES FILHO; MACHADO; CHIZZOTTI, 2016).

No fracionamento das plantas em partículas, a planta do sorgo deve ser picada em partículas de 0,5 cm a 2,0 cm. Este fato deve ser criteriosamente seguido, pois é um dos principais segredos para obter silagem de boa qualidade. Deste modo é importante enfatizar que os benefícios do tamanho adequado de partículas, vão desde o enchimento do silo até o processo digestivo e o desempenho dos animais.

Com partículas pequenas a silagem pode ser mais eficientemente misturada a outros alimentos diminuindo assim as perdas no momento da retirada do silo e durante o processo de alimentação. Além disso, estas pequenas partículas facilitam a mastigação, a ruminação e a digestão, com reflexos positivos no consumo e no desempenho dos ruminantes.

Compactação da forragem, essa técnica é um dos principais fatores condicionantes para que os processos químicos e biológicos da fermentação da forragem no interior do silo se processem de forma adequada, resultando em silagem de boa qualidade e sem o concurso de fermentações indesejáveis.

Assim, quanto mais eficiente for a compactação, maior será a quantidade de silagem armazenada. Com isso, serão também menores os custos de armazenamento e demais fatores correlatos. Quanto mais agregadas estiverem as partículas, mais dificultosa será a penetração do ar e melhor será a preservação da qualidade da silagem após a abertura. Esta prática deve ser realizada eficientemente, levando em consideração que a presença de oxigênio no interior do silo é o principal fator adverso que ocasiona silagem de mal qualidade.

A vedação do silo deve ser realizada com rapidez logo após o término do enchimento do silo. Esta operação é realizada com lona plástica preta de espessura de 200 micra a 300 micra. Poderá também ser utilizada uma lona de dupla face que apresenta um dos lados na cor branca. Esse lado deve ser colocado voltado para cima, lado externo, pelo fato de a cor branca refletir parte da radiação solar o que vai reduzir a transferência de calor dos raios solares para a silagem. Normalmente, coloca-se terra sobre a lona e para não ocorrer o deslizamento da terra, o ideal é colocar antes uma camada de capim.

Abertura do silo, manejo do painel e utilização da silagem, produção de silagem de boa qualidade é condicionada a critérios específicos para cada etapa do processo e na abertura do silo e utilização da silagem não é diferente. Ao abrir o silo, deve-se observar o aspecto da silagem, como a presença de porções com mofos, bolores, coloração muito escura e cheiro desagradável. Estas têm que ser descartadas. Outro fator importante refere-se à espessura da camada de silagem retirada diariamente. Não deve ser inferior a 20 cm, pois desse modo a retirada da silagem torna-se mais rápida do que a penetração de ar entre as partículas.

A produção adequada de silagem de sorgo na obtenção de elevado valor nutritivo e possivelmente de baixo custo somente é possível se houver um

planejamento prévio de todo o processo produtivo. Nesse contexto nenhuma das etapas poderá ser negligenciada sob pena de acarretar frustração total ou parcial da atividade. É importante evidenciar que, quanto mais elevada for a produtividade da forrageira, no caso o sorgo por unidade de área, menor será o custo da silagem.

Quanto a produção esperada, cultivares forrageiras, sacarina e de duplo propósito poderão alcançar de 10 t ha⁻¹ a 15 t ha⁻¹ de matéria seca (30 t ha⁻¹ a 45 t ha⁻¹ de matéria verde). Esta produção atende às necessidades de consumo de 6 a 8 animais bovinos adultos ou de 50 animais caprinos ou ovinos durante um período de cinco meses. Uma boa silagem de sorgo tem condições de garantir uma produção de 7 litros de leite por vaca dia⁻¹, sem necessidade de fornecer concentrado.

Portanto outras observações importantes quanto ao uso do sorgo são:

- Em plantas jovens de sorgo ou mesmo na soca (plantas com até 1,0 m de altura (ou antes do emborrachamento) ocorre a presença do ácido cianídrico (HCN). Nesta fase, evitar o contato dos animais em face a problemas de intoxicação que poderá levar até a morte
- Ter o cuidado de não elaborar rações à base de sorgo granífero taninoso para monogástricos, principalmente para a avicultura. O tanino é um polifenol que confere um sabor adstringente ao grão e por consequência inibindo o consumo para os animais monogástricos, como aves e suínos. O sorgo taninoso poderá ser administrado sem problemas para os animais poligástricos, principalmente para bovinos.

Considerações finais

Os sistemas de produção de leite em Pernambuco têm como principal base alimentar o uso de plantas forrageiras de elevada economia hídrica e que detêm mecanismos adaptativos de convivência como o semiárido, como a palma e o sorgo forrageiro/silageiro.

Predomina também a criação de animais de elevado mérito genético, o que constitui fator predominante para sustentabilidade da pecuária de leite no estado.

Referências

ABREU, B.S. *et al.* Desempenho produtivo e reprodutivo de vacas holandesas no agreste de Pernambuco, no período de 2007 a 2017. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 571–586, 2020.

ALMODARES, A.; HADI, M. R. Production of bioethanol from sweet *Sorghum*: a review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 9, p. 772–780, 2009.

ALVES, F.V. O componente animal em sistemas de produção em integração. *In*: BUNGENSTAB, D. J. (ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 143–154.

AMER, S.; SEGUIN, P.; MUSTAFA, A. F. Effects of feeding sweet sorghum silage on milk production of lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 95, p. 859–863, 2012.

ANDRADE, D. K. B. *et al.* Digestibilidade e absorção aparentes em vacas da raça holandesa alimentadas com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 5, p. 2088–2097, 2002.

ARAÚJO, M. D. S. *et al.* Desempenho produtivo de vacas girolando no semiárido pernambucano. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 55., 2018, Goiana, Goiás. **Anais [...]**. Goiana, Goiás, 2018. Disponível em: <<http://www.adaltech.com.br/anais/zootecnia2018/trabalhos.htm>>. Acesso em: 22 maio 2020.

ARAÚJO, M.D.S. *et al.* Caracterização do gene do choque térmico (HSP-70.1) e sua relação com características de produção em bovinos leiteiros criados no semiárido brasileiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 3, p. 985–992, 2020.

ARY, J.C. A FNE e o semiárido: da obrigação à otimização. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 44, n. especial, p. 199–212, jun. 2013.

BJELLAND, D. W. *et al.* Evaluation of inbreeding depression in holstein cattle using whole-genome SNP markers and alternative measures of genomic inbreeding. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 7, p. 4697–4706, 2013.

BONDAN, C. *et al.* Milk composition of holstein cows: a retrospective study. **Ciência Rural**, v. 48, n.12, p. e20180123, 2018.

CAVALCANTI, C. V. A. *et al.* Palma forrageira enriquecida com ureia em substituição

ao feno de capim-tifton para vacas da raça Holandesa em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 689–693, 2008.

CLUTTON-BROCK, J. **A natural history of domesticated mammals**. 2 ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1999. 248p.

DEMARCHI, J. J. A. A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagens de alta qualidade. **Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 111–136, 1995.

DENIS, W.J.S. *et al.* Polimorfismos na região 3'UTR do gene SLC11A1 em rebanhos leiteiros holandês e girolando. **Medicina Veterinária**, v. 11, n. 1, p. 62–66, 2017.

DUBEUX JUNIOR, J. C. B. *et al.* Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira: clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p. 129–135, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION ON THE UNITED NATIONS. **Faostat 2016**. Rome, Italy: FAO, 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat>>. Acesso em: 26 fev. 2017.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION ON THE UNITED NATIONS. **The state of the world's animal genetic resources for food and agriculture**. Rome, Italy: FAO, 2007. 524p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION ON THE UNITED NATIONS. **Milk dairy products**. Rome, Italy: FAO, 2009. 49p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION ON THE UNITED NATIONS. **AQUASTAT country profile: Brazil**. Rome, Italy: FAO, 2015. 23p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION ON THE UNITED NATIONS. **Dairy Market: review**. Rome, Italy: FAO, 2020. 13p.

FARIAS, I. *et al.* Consórcio de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) com palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill). **Caderno Ômega, Série Agronomia**, v. 2, p. 131–145, 1986.

FERREIRA, M. A. *et al.* Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1 Suplemento, p. 322–329, 2009.

GUIDO, F. C. L. *et al.* Efeito da suplementação com ácidos graxos associados à palma forrageira sobre a perfusão vascular endometrial em vacas holandesas no pós-parto. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 24, p. e2061242019-8, 2019.

GUIDO, F. C. L. *et al.* Incidência de distúrbios reprodutivos em vacas da raça holandesa criadas em condições de semiárido. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v. 19, n. 1, p. 52–57, 2016.

GUIDO, S. I. *et al.* Influence of climatic factors on conception rate of holstein cows reared under semiarid conditions *In: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN EMBRYO TRANSFER ASSOCIATION*, 27., 2011, Chester. **Proceeding** [...]. Chester: AETE, 2011. p. 160.

INÁCIO, J. G. *et al.* Nutritional and performance viability of cactus *Opuntia*-based diets with different concentrate levels for girolando lactating dairy cows. *Asian-Australas. Journal of Animal Sciences*, v. 33, n. 1, p. 35–43, 2020.

PRODUÇÃO DA PECUÁRIA MUNICIPAL 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

LIMA, R. M. B. *et al.* Substituição do milho por palma forrageira: comportamento ingestivo de vacas mestiças em lactação. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 25, p. 347–353, 2003.

MONTEIRO, C. C. F. **Substituição de palma miúda por palma orelha de elefante mexicana para vacas em lactação**. 2017. 66p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2017.

MOORE, K.; THATCHER, W. W. Major advances associated with reproduction in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, v. 89, n. 4, p. 1254–1266, 2006.

NASCIMENTO, M. M. A. *et al.* Desempenho de variedades de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos de Pernambuco, Alagoas e Sergipe na produção de biomassa. *In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO*, 26, 2006, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: EMBRAPA-CNPMS, 2006. 1 CD ROM.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. Avaliação de silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ou milho (*Zea mays*, L.) na produção de novilho super precoce. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 3, p. 438–452, 2004.

NIKKHAH, A.; ALIKHANI, M.; AMANLOU, H. Effects of feeding ground or steam-flaked broom sorghum and ground barley on performance of dairy cows in midlactation. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 1, p. 122–130, 2004.

NOBEL, P.S. 1995. Environmental biology. *In*: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA BARRIOS, E. (eds.). **Agro-ecology, cultivation and uses of cactuspearp**. Rome, Italy: FAO, 1995. p. 36–48. (FAO Plant Production and Protection Paper, 132).

OLIVEIRA, J. C. V.; SANTOS FILHO, A. S.; ARCANJO, V. L. P.; Efeito da idade e da estação de parto na produção de leite de vacas girolando. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: SBZ, 2010. CD-ROM

OLIVEIRA, J. C. V. *et al.* Genealogical Analysis of an Experimental Herd of the breed synthetic Girolando. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION DISEASES IN FARM ANIMALS, 14., 2010, Belgica: ICPD. **Proceeding** [...]. Belgica: ICPD, 2010. p. 92–93.

QUEIROZ, M. G. **Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone orelha de elefante mexicana, no Semiárido brasileiro**. 2014. 67p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

ROBERTSON, A.; RENDEL, J. M. The use of progeny testing with insemination in dairy cattle. **Journal of Genetic**, v. 50, p. 21–31, 1950.

ROCHA FILHO, R. R. 2012. **Palma gigante e genótipos resistentes à cochonilha do carmim em dietas para ruminantes**. 2012. 74p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2012.

SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. de C.; GUIMARÃES, D. P. **Época de plantio de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 80).

SANTANA, O. P. *et al.* Palma versus silagem na alimentação de vacas leiteiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 1, n. 1, p. 31–40, 1972. Disponível em: <<http://sbz.org.br/new/assets/museu/revistavolume1rbz.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SANTOS, D. C. *et al.* Comportamento do pH de cultivares de palma forrageira em diferentes horários, no Semiárido pernambucano. *In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL*, 9., 2014, Ilheus, BA. **Anais[...]**. Ilheus, BA: SNPA, 2014.

SANTOS, D. C. *et al.* Produtividade da palma forrageira cv. clone IPA-20 sob diferentes níveis de adubação orgânica e populações em duas regiões de Pernambuco. *In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL*, 5., 2008, Aracajú, SE. **Anais [...]**. Aracaju: SNPA, 2008.

SANTOS, D. C. *et al.* Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 12–17, 2001.

SANTOS, M. V. F. *et al.* Efeito do período de armazenamento pós-colheita sobre o teor de matéria seca e composição química das palmas forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 6, p. 777–783, 1992. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3711/1002>. Acesso em: 25 ago. 2021.

SILVA, D. A. R. *et al.* Produção de leite de vacas da raça holandesa de pequeno, médio e grande porte. **Ciência Rural**, v. 41, n. 3, p. 501–506, 2011.

SILVA, M. V. G. B. *et al.* **Programa de melhoramento genético da raça girolando: sumário de touros; resultado do teste de progênie.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2018. 65 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 220).

SILVA, M. V. G. B. *et al.* **Programa de melhoramento genético da raça girolando: avaliação genética de vacas.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2015. 40 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 182).

SILVA, M. V. *et al.* **Programa de melhoramento genético da raça girolando: sumário de touros; resultado do teste de progênie.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2017. 56 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 203).

SOCIEDADE NACIONAL DA AGRICULTURA - SNA. **Produtividade da pecuária leiteira é inferior à metade da média mundial.** SNA, 2017. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/produtividade-da-pecuaria-leiteira-e-inferior-a-metadeda-media-mundial/>. Acesso em: 25 ago. 2021.

TABOSA, J. N. *et al.* Cultivo do sorgo no semiárido brasileiro: potencialidades e

utilizações. In: FIGUEIREDO, M. do V. B. *et al.* (eds.). **Tecnologias potenciais para uma agricultura sustentável**. Recife: IPA/EMATER/SEAGRI-AL, 2013a. p. 133–162.

TABOSA, J. N. *et al.* *Sorghum* genotypes evaluation under salinity levels and gamma ray doses. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 3, p. 339–350, 2007.

TABOSA, J. N. *et al.* Genótipos de sorgo forrageiro e sacarino no semiárido: estimativas de parâmetros genéticos de variáveis de produção em Alagoas e Pernambuco. **Revista Magistra**, v. 25, p. 328–329, 2013b.

TABOSA, J. N. *et al.* Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes do semiárido nordestino. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27., 2008, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: EMBRAPA-CNPMS, 2008. 1 CD-ROM

THOMPSON, P. B. Agricultural sustainability: what it is and what it is not. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 5, p. 5–16, 2007.

TOLENTINO, D. C. *et al.* The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 143–149, 2016.

FUNDO INTERNACIONAL DE EMERGÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS. PARA A INFÂNCIA -UNICEF. **Semiárido**. Disponível em: www.unicef.org/brazil/pt/where_9429.html. Acesso em: 28 jan. 2019.

VALADARES FILHO, S. C.; MACHADO, P. A. S.; CHIZZOTTI, M. L. CQBAL 3.0. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Disponível em: <http://www.ufv.br/cqbal>. Acesso em: 30 ago. 2018.

VASILAKOGLU, I. Sweet sorghum productivity for biofuels under increased soil salinity and reduced irrigation. **Field Crops Research**, v. 120, p. 38–46, 2011.

VISHWANATH R. Artificial insemination the state of the art. **Theriogenology**, v. 59, p. 571–584, 2000.

Capítulo 8

EXTENSÃO RURAL, POLÍTICAS PÚBLICAS E SEGURANÇA ALIMENTAR: UM ESTUDO DA PERCEPÇÃO DOS BENEFICIÁRIOS DO PROGRAMA DE AQUISIÇÃO DE ALIMENTOS (PAA) NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Milze Silva da Luz
Flávia Guimarães de Araújo
Silvana Maria de Lemos
Horasa Maria Lima da Silva Andrade
Luciano Pires de Andrade

Políticas públicas e desenvolvimento territorial no Brasil

Durante muito tempo no Brasil, a agricultura familiar foi rotulada como de subsistência, sendo associada à fome e ao subdesenvolvimento. As políticas públicas eram voltadas para as médias e grandes propriedades, apropriadas das tecnologias da revolução verde e com a produção focada no monocultivo para exportação (ROCHA *et al.*, 2007; VIEIRA, 2008).

A agricultura familiar ou os “pequenos agricultores” sempre estiveram às margens das ações do Estado brasileiro, não raro aumentando sua fragilidade, diante das opções de desenvolvimento perseguidas no país. A partir da década de 90, a agricultura familiar passou a ser reconhecida como categoria social e política, fruto das novas relações estabelecidas entre o Estado e a sociedade civil (GRISA; SCHNEIDER, 2015).

O reconhecimento conferido à agricultura familiar e à construção de políticas diferenciadas para um vasto grupo social que até então não havia sido contemplado com ações específicas não foram mudanças triviais, e é por isto que ganharam repercussões no cenário nacional e internacional. Vale notar, como destacado por Abramovay e Morello (2010), que este processo ocorreu porque o fortalecimento da democracia está na raiz das mais importantes mudanças pelas quais tem passado o meio rural brasileiro nos últimos 20 anos. Permitiu, assim, a redução da pobreza de sua população, a melhoria da distribuição de renda e o início das mudanças de comportamento empresarial no sentido de fazer do bem-estar das pessoas e da resiliência dos ecossistemas a base da própria vida econômica.

As primeiras políticas públicas para o meio rural no Brasil emergem com foco

na parte agrícola e agrária, no crédito rural, no seguro de produção e preço e na política de assentamento de reforma agrária. Estas políticas continuam vigentes atualmente, estando em permanente aperfeiçoamento. Novas foram instituídas com foco em ações sociais e assistenciais, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), incluindo ações voltadas para melhorias da infraestrutura, Garantia Safra, Plano Nacional de Habitação Rural – PNHR, Programa Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Territórios Rurais – PRONAT e Bolsa Família. O conjunto destas ações integrando as políticas de fortalecimento da Agricultura Familiar tem sido indicado como responsável pela redução da pobreza no meio rural (GRISA; SCHNEIDER, 2015).

Os anos 2000 se iniciam sob o efeito de uma mudança política importante, que decorre das eleições presidenciais de 2002 e da assunção de Luiz Inácio Lula da Silva à Presidência da República. De um governo identificado com os princípios do referencial global do neoliberalismo e lastreado por uma aliança política com os setores mais conservadores da política nacional, passou-se a um governo eleito com o apoio e participação de vários partidos e movimentos sociais situados mais à esquerda do espectro político sem, no entanto, deixar de contemplar ideias e interesses de grupos representantes da burguesia bancária, industrial e agrícola nacional (MIELITZ NETO, 2011). Muitas políticas e ações foram tomadas tendo como objetivo diminuir a desigualdade social e o combate à pobreza e à fome com distribuição de renda (HALL, 2006).

É neste contexto que surge a construção e a institucionalização das políticas públicas para a agricultura familiar com base em um novo referencial orientado pela construção de mercados para a segurança alimentar e para a sustentabilidade: surgem aqui o projeto Fome Zero e o Programa de Aquisição de Alimentos – PAA.

O Projeto Fome Zero ressaltava o potencial do mercado institucional (alimentação escolar, hospitais, presídios, distribuição de cestas básicas, dentre outros) no fortalecimento da agricultura familiar (criação de canais de comercialização e geração de renda), na dinamização da economia dos municípios e das regiões, no atendimento às necessidades alimentares de "uma parcela vulnerável e numericamente expressiva da população" (as crianças em idade escolar) e na introdução de "elementos de diversidade regional em cardápios com importância não desprezível na formação de hábitos alimentares" (INSTITUTO CIDADANIA, 2001, p. 39).

Criado para ser uma das alternativas de comercialização dos pequenos produtores rurais – que é considerada como o principal entrave para o êxito da atividade –, o Programa de Aquisição de Alimentos - PAA foi criado em julho de 2003, por meio do artigo 19 da lei nº 10.696. O objetivo principal deste programa é promover o acesso à alimentação da população mais vulnerável e incentivar a agricultura familiar através da inclusão econômica e social. Desta forma, ele adquire alimentos produzidos pela agricultura familiar com dispensa de licitação e destina-os às pessoas em situação de insegurança alimentar e nutricional atendidas pela rede de assistência social, pelos equipamentos públicos de segurança alimentar e nutricional e pela rede pública e filantrópica de ensino dos estados e municípios do Brasil (BRASIL, 2012).

A concepção de se criar um programa nos moldes do PAA, surgiu durante a execução do Programa Fome Zero, em 2003, no governo Lula. O objetivo inicial era a compra da produção dos agricultores familiares sem a necessidade de licitação para, depois, focar na distribuição para pessoas em situação de insegurança alimentar e nutricional (BETTO, 2004).

Com sua implementação, o PAA tem possibilitado no Brasil a quebra do círculo vicioso da fome e da pobreza rural, que é, segundo Maluf (2001), um dos principais focos de insegurança alimentar e nutricional. Da mesma forma, o Relatório de Insegurança Alimentar no Mundo de 2014, produzido pela FAO (2014), mostrou que o Brasil, com suas políticas públicas para a área, conseguiu diminuir significativamente a fome, a desnutrição e a subalimentação nos últimos anos. Neste sentido, o PAA teve um papel de destaque na articulação entre os programas de proteção social e de fomento à produção agrícola, servindo inclusive como modelo para países como a África no combate à fome e para a garantia da soberania e segurança alimentar, sendo fundamental a participação de atores estatais e não-estatais (MILHORANCE, 2020).

Um aspecto relevante a ser considerando é que em 2014 o Brasil saiu do Mapa da Fome graças às políticas públicas implementadas, incluindo aí o PAA. Mas, a partir das crises políticas e cortes de recursos dos últimos cinco anos, a fome volta a subir. Atualmente, conforme Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018: Análise da Segurança Alimentar no Brasil (IBGE, 2020a), dos 68,9 milhões de domicílios no Brasil, 36,7 % (o equivalente a 25,3 milhões de lares) estavam com algum grau de insegurança alimentar. A prevalência nacional de segurança alimentar que era de 77,4 %, em 2013, caiu para 63,3 %, ficando abaixo do patamar encontrado em 2003 (65,1

%).

Estes dados tendem a se agravar com a nova dinâmica social e econômica que a pandemia tem provocado, evidenciando a importância das ações de combate à Insegurança Alimentar e Nutricional, sendo o PAA, mais uma vez, um programa estratégico e importante de proteção social, atendendo às necessidades alimentares imediatas de pessoas em vulnerabilidade, como também garantindo a produção e comercialização dos produtos de uma parcela importante da agricultura familiar, enfrentando os efeitos negativos da Covid-19.

O programa também dialoga com a agroecologia ao repensar a produção, o consumo e a comercialização com fortalecimento de sistemas agroalimentares, considerando que essa é uma ciência complexa e holística e que deve repensar outras lógicas produtivas e de mercados (CAPORAL; COSTABEBER, 2009; FAO, 2018).

Neste sentido, este trabalho buscou investigar a percepção de beneficiários do Programa de Aquisição de Alimentos – PAA em três mesorregiões do estado de Pernambuco (Sertão, Agreste e Mata), situado no Nordeste brasileiro, em relação ao desenvolvimento do programa.

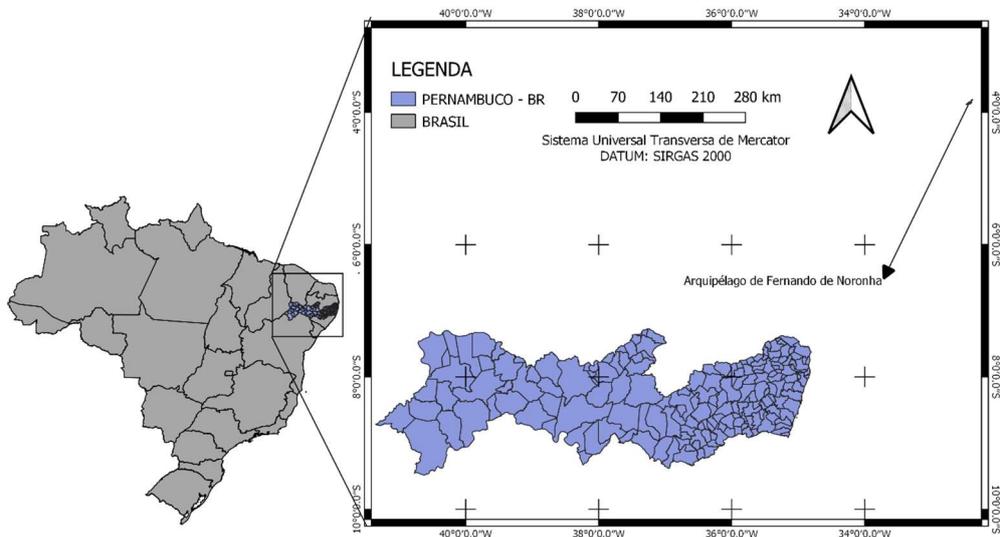
Um olhar sobre o PAA no estado de Pernambuco

A investigação foi implementada em todas as regiões geopolíticas de Pernambuco, um dos 27 estados que constituem o Brasil. Este estado possui área geográfica de 98.067 km², que representa 1,16 % da área total brasileira e 6,3 % da região Nordeste, sendo o 19º estado em área territorial em relação ao país e o 5º em relação ao Nordeste (IBGE, 2020b).

Possui uma população de 9,6 milhões de habitantes, sendo a distribuição da população do estado por gênero equilibrada, embora as mulheres representem maior percentual. Atualmente, 80 % da população reside na Zona Urbana e 20 % na Zona Rural (IBGE, 2020b). Do ponto de vista climatológico, há predominância de dois tipos de clima: o tropical úmido, predominante na Zona da Mata, e o semiárido no Agreste e Sertão.

Pernambuco tem 184 municípios e 01 distrito estadual (Arquipélago Fernando de Noronha), tendo como capital a cidade de Recife e possui 12 regiões de desenvolvimento, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Mapa do estado de Pernambuco, Brasil, com divisão geopolítica dos municípios.



Fonte: Mário Melquíades Silva dos Anjos (2021).

Para a realização deste trabalho, foram selecionados 105 municípios participantes do programa e que estão inseridos em todas as regiões de desenvolvimento de Pernambuco. Investigou-se tanto a satisfação dos beneficiários do PAA através de questionários online, sejam eles fornecedores e/ou consumidores, quanto a qualidade e a quantidade dos produtos, a frequência das doações e o atendimento de necessidades nutricionais e financeiras.

A escolha do questionário semiestruturado, com perguntas fechadas e abertas, como técnica de coleta de dados foi considerada pela possibilidade de se atingir um grande número de atores do PAA, considerando que esses estão dispersos geograficamente no Brasil – especialmente Pernambuco, onde se deu a pesquisa. Inclusive, segundo Gil (2008), uma das vantagens do questionário é permitir o compartilhamento com os pesquisados por meio de ferramentas digitais. Além disso, é importante considerar que, ao receberem um questionário, os pesquisados têm a possibilidade do sentimento de anonimato, o que pode gerar respostas mais fidedignas.

Da mesma forma, foi avaliada a execução pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco enquanto Empresa de Assistência Técnica de Extensão Rural no apoio

às agricultoras e aos agricultores fornecedores quanto a receber os produtos e emissão de notas fiscais para prestação de contas ao Governo Federal (agente pagador), assim como também na separação dos tipos e quantidades dos produtos para as entidades socioassistenciais beneficiadas, previamente definidos pelas nutricionistas parceiras nos municípios.

Neste trabalho, a estrutura metodológica foi dividida em duas etapas: levantamento de dados secundários e aplicação de entrevista qualitativa. Primeiramente, realizou-se o levantamento dos dados através de consultas a referências bibliográficas relevantes e de pesquisa documental sobre agricultura familiar, segurança alimentar, políticas públicas e sobre o Programa de Aquisição de Alimentos. Em seguida, fez-se o levantamento das dificuldades enfrentadas por agricultores/as familiares participantes e pelas entidades socioassistenciais beneficiárias das doações dos alimentos adquiridos da agricultura familiar, além da análise de documentos técnico-operacionais sobre o PAA existentes no Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA.

Para Marconi e Lakatos (2006, p.29), “a análise documental consiste em saber esclarecer a especificidade e o campo da análise de conteúdo. Seria um conjunto de operações visando representar o conteúdo de um documento de forma diferente”, o que atende às expectativas da investigação proposta. Nessa mesma visão, Cellard (2008) ressalta a importância temporal dos documentos para a compreensão social do processo de construção e consolidação de práticas e de grupos.

A utilização de entrevistas como ferramenta de abordagem qualitativa de investigação, por sua vez, busca identificar e reconhecer as percepções e pontos de vista dos entrevistados a partir da leitura que eles fazem de suas realidades e experiências de vida (TURATO, 2003).

Nos municípios pesquisados, foram realizadas entrevistas qualitativas com diferentes atores vinculados ao Programa de Aquisição de Alimentos – sendo fornecedores (as) e beneficiários(as). A identificação desses atores foi feita a partir de informações levantadas no Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, em unidades locais situadas em cada um dos municípios selecionados.

Assim, a aplicação do questionário semiestruturado para os 105 municípios resultou em 229 respostas das agricultoras e dos agricultores familiares atendidos pelo programa e dos 132 representantes das entidades socioassistenciais receptoras das regiões do estado de Pernambuco.

Esta ferramenta de pesquisa foi escolhida devido ao fato de este ser o método mais simples e rápido e por buscar de forma eficiente avaliar a opinião de alguma condição ou circunstância que se tem em relação à problemática levantada. A pesquisa foi realizada por meio de um questionário virtual disponibilizado em um link (criado através do uso de um formulário web elaborado a partir do Google Forms, aplicativo do Google que permite a criação, compartilhamento e disponibilização de documentos) que foi encaminhado as agricultoras e aos agricultores que participam do programa e aos representantes das entidades socioassistenciais que recebem os produtos.

A pesquisa proposta pode se caracterizar como exploratória e qualitativa, embora não descarte alguns elementos quantitativos para o conjunto dos dados empíricos. Os estudos exploratórios têm um forte caráter descritivo, mas sua escolha e sua realização não são completamente desinteressadas: há sempre interesses ligados aos desvelamentos de uma determinada realidade empírica desconhecida ou no debate teórico implicado na interpretação da realidade em foco, e isto deve ser explicitado pelo investigador (VASCONCELOS, 2013).

Partindo dos dados levantados nas entrevistas, o propósito é trazer elementos que contribuam para uma análise do programa, indicando possíveis entraves na execução, bem como apontar caminhos para a melhoria das condições de vida dos beneficiários, amenizando os impactos sociais das famílias – especialmente neste momento de crise sanitária e econômica decorrente da pandemia.

O Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) é uma empresa pública de direitos privados, da administração pública indireta, subordinado à Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária do Governo de Pernambuco. O IPA tem como missão “contribuir para o desenvolvimento rural sustentável de Pernambuco, mediante atuação de modo integrado na geração de tecnologia, nas ações de assistência técnica e extensão rural e no fortalecimento da infraestrutura hídrica, com atenção prioritária aos agricultores de base familiar” (IPA, 2021).

Pernambuco ocupa a 3ª colocação em número de estabelecimentos rurais de base familiar. Há no estado 275.740 deles, o que representa 12,6 % da região Nordeste e 6,3 % do total nacional, ocupando uma área de 2.567.070 hectares (IBGE, 2019). Tais estabelecimentos têm como principais produtos agropecuários o milho, o feijão, a mandioca, as aves e os suínos.

Na perspectiva agroecológica, o IPA, a partir da demanda dos extensionistas, institucionalizou o Grupo de Estudo, Sistematização e Metodologia em Agroecologia

do Instituto Agrônomo de Pernambuco (GEMA/IPA). Ele vem construindo ações, fortalecendo e agregando cada vez mais agroecologistas que visam a integrar essa rede de profissionais da área da Extensão Rural, com o objetivo de atuar por uma produção de alimentos sem agrotóxicos que proporcionem segurança alimentar e nutricional, pelo resgate dos saberes tradicionais, pela igualdade de gênero e pela conservação e preservação dos recursos genéticos animais e vegetais.

Os impactos da implementação do PAA no cenário estadual

A partir do levantamento das informações e da análise de dados primários e secundários, vários indicadores possibilitam alcançar o objetivo proposto no presente estudo. Sendo assim, a seguir, são apresentados os resultados e uma discussão sobre os indicadores considerados como mais relevantes.

O Programa de Aquisição de Alimentos em Pernambuco é executado pelo IPA desde 2009. Iniciou sua ação em apenas nove municípios das Regiões Agreste Meridional e Sertão do Moxotó, regiões estas que tinham os menores índices de Desenvolvimento Humano – IDH. Municípios como Manari, Inajá e Caetés foram contemplados com as primeiras compras e doações do PAA no estado.

No início da execução, foram beneficiadas cerca de 135 entidades socioassistenciais, compreendendo um total aproximado de 44 mil pessoas atendidas naquele ano. Depois de uma década de aprimoramento do PAA, após quatro gestões do governo federal, o Programa de Aquisição de Alimentos segue com seu objetivo de atender às populações mais vulneráveis nutricionalmente e fortalecendo a agricultura familiar no seu principal gargalo, que é a comercialização, pois garante a venda dos produtos com preços compatíveis com os mercados locais em 105 municípios de Pernambuco.

No período de execução do PAA, foram investidos em Pernambuco mais de 69 milhões de reais para adquirir 22.100.000 kg de alimentos que beneficiaram, mais de 41 mil agricultores. Além disso, mais de 1.700 mil pessoas passaram a se alimentar de forma mais variada e saudável em seus municípios (Tabela 1).

De 2009 a 2012, as propostas aconteceram em regime de convênio, que era definido como o acordo, ajuste ou qualquer outro instrumento que disciplinasse a transferência de recursos financeiros dos Orçamentos da União. O objetivo era viabilizar a execução de programa de governo, envolvendo a realização de projeto, atividade, serviço, aquisição de bens ou evento de interesse recíproco, em regime de

mútua cooperação. Os partícipes, de um lado, eram os órgãos da administração pública federal direta, autarquias, fundações públicas, empresas públicas ou sociedades de economia mista, e, de outro, órgãos ou entidades da administração pública estadual, distrital ou municipal, direta ou indireta, ou ainda, entidades privadas sem fins lucrativos.

Tabela 1. Levantamento dos produtos adquiridos da Agricultura Familiar pelo Instituto Agrônomo do Estado de Pernambuco no período de 2009 a 2019

Contribuições do PAA no Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA 2009 a 2019						
Ano	Quantidade de municípios atendidos	Valor Investido R\$	Entidades Beneficiadas	Agricultores Fornecedores	Público Beneficiário	Quant. Produtos Adquiridos/ Doados (kg)
2009	11	1.229.698,40	39	3.139	26.488	253.811,84
2010	17	1.849.110,32	56	3.145	47.118	455.743,76
2011	15	2.195.516,65	62	3.152	57.788	545.931,67
2012	49	6.561.828,87	110	3.188	122321	1.631.646,24
2013	89	8.564.978,20	185	3701	149.960	1.051.103,99
2014	101	6.158.210,12	234	3.730	151.300	1.422.733,46
2015	120	14.047.735,99	595	4.792	168.529	2.829.503,24
2016	92	3.912.264,01	601	4.127	168100	3.912.264,01
2017	117	8.152.667,47	626	3.913	217.661	3.568.683,84
2018	106	7.420.000,00	559	3.556	221.710	3.233.106,00
2019	105	9.000.000,00	720	4.184	405.670	3.229.912,77

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos anos seguintes, o programa passou a ser executado por meio de Termo de Adesão, regulamentado pela Lei nº 12.512/11 que, em seu Capítulo III, art. 20, previa a possibilidade de execução do Programa por estados, Distrito Federal, municípios e consórcios públicos (BRASIL, 2011). Este instrumento de parceria trouxe uma desburocratização que aumentou a eficiência administrativa do Programa.

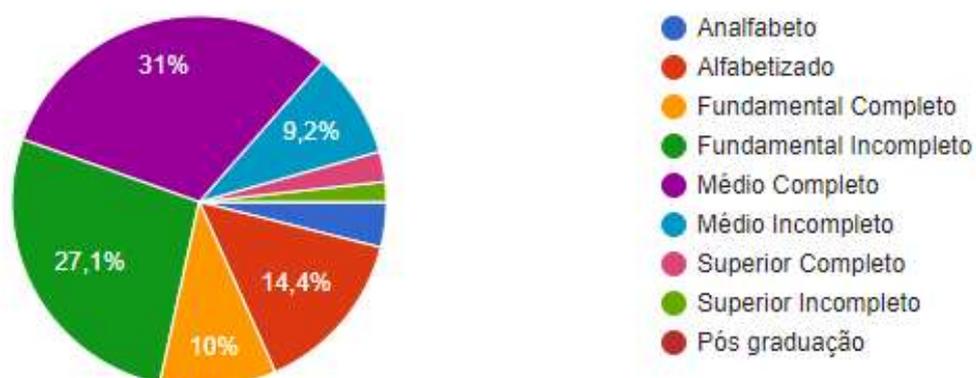
Enquanto política pública, o Programa de Aquisição de Alimentos vem trazendo visibilidade ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (instituição pública de Assistência Técnica e Extensão Rural – ATER) como entidade executora, pois ele apresenta alternativas de comercialização através dos mercados institucionais e no assessoramento técnico da produção da Agricultura Familiar.

O universo da pesquisa compreendeu 229 respostas obtidas pelos agricultores e agricultoras e 132 entidades socioassistenciais. O questionário foi a ferramenta

metodológica que ampliou o universo da pesquisa, buscando estudar a satisfação dos beneficiários fornecedores e consumidores em várias regiões do estado de Pernambuco, situado no Nordeste brasileiro. Os resultados são apresentados nas figuras a seguir, que apresenta dados sobre os/as agricultores/as e a percepção deles e dos gestores sobre o PAA.

Uma das informações que chamam atenção é o nível de escolaridade dos/as agricultores/as. Mais de 41 % dos/as agricultores/as não têm o ensino fundamental completo e, quando somados aos 10 % do fundamental completo, teremos mais da metade que não conseguiram concluir o nível fundamental completo (Figura 2). Estes dados demonstram a necessidade de se ter políticas públicas educacionais específicas e acessíveis a este público, que, devido à sua dinâmica social ou por não ter condições de acesso à escola, não consegue iniciar ou concluir os estudos.

Figura 2. Nível de escolaridade dos/as Agricultores/as Familiares entrevistados.



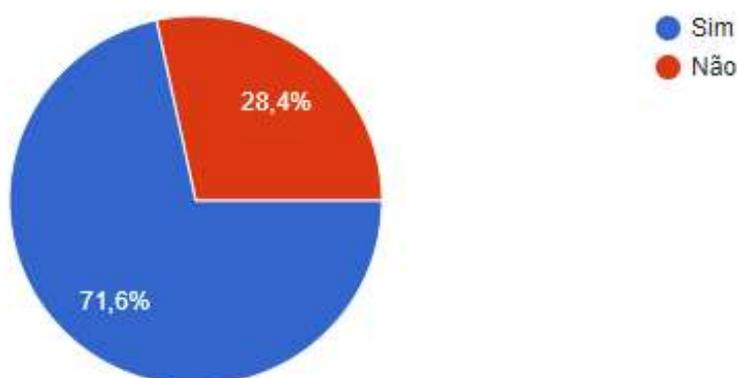
Fonte: Elaborado pelos autores.

No Nordeste brasileiro, 90 % dos produtores possuem escolaridade inferior ao ensino fundamental (incluindo os analfabetos ou quase); menos de 5 % possuem ensino médio ou técnico; e apenas cerca de 1 % possui ensino superior (IBGE, 2019). Esta baixa qualificação da mão de obra tem impactos sobre a adoção de novas tecnologias. Sobre isso, Castro (2012) defende que a baixa escolaridade compromete o desenvolvimento socioterritorial, dificulta a compreensão por parte da população nos processos sociopolíticos, facilita a cooptação de atores sociais por grupos políticos dominantes, compromete o grau de reivindicação na melhoria das condições de vida, restringe as possibilidades de qualificação profissional e dificulta o uso de mecanismos participativos e da cidadania. A deficiência educacional da maioria dos

produtores influencia negativamente os processos de comercialização e a implementação de novos sistemas, além de reduzir a viabilidade frente ao mercado globalizado (FIGUEREDO, 2014).

Grande parte dos/as agricultores/as participam de organizações sociais e das políticas públicas (Figura 3). Quanto maior o envolvimento dos produtores e das produtoras em reuniões de conselho, sindicatos, associações, cooperativas, dentre outros, maior a autonomia dos mesmos de forma que possibilita a aprendizagem, a evolução e a consolidação de seus espaços de forma coletiva para discussão e aprimoramento não só do PAA, como também das demais políticas públicas.

Figura 3. Participação dos/as agricultores/as em organizações sociais e coletivas.



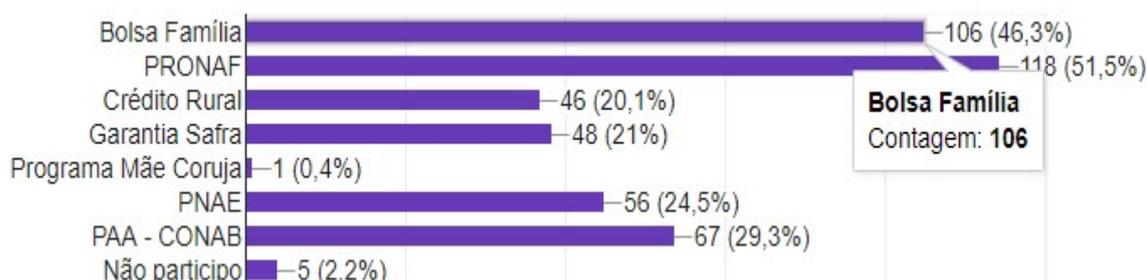
Fonte: Elaborado pelos autores.

Os entrevistados participam mais efetivamente e acessam programas e políticas públicas voltadas para o fortalecimento da Agricultura Familiar, como o PRONAF e o Bolsa Família. O PAA é o terceiro programa de maior acesso pelos agricultores (Figura 4), o que demonstra a importância desta política para o desenvolvimento do meio rural e seus impactos na vida dos agricultores e das agricultoras. Assim, os impactos das políticas públicas e das relações entre atores governamentais e não-governamentais possibilitam soluções políticas para os países em desenvolvimento e, portanto, precisam ser incentivadas (MILHORANCE, 2020).

Uma pesquisa de satisfação com os beneficiários de uma determinada política pública é uma forma de avaliação. Obter respostas – positivas ou não – de uma pesquisa é fundamental para conhecer a atuação enquanto entidade executora do

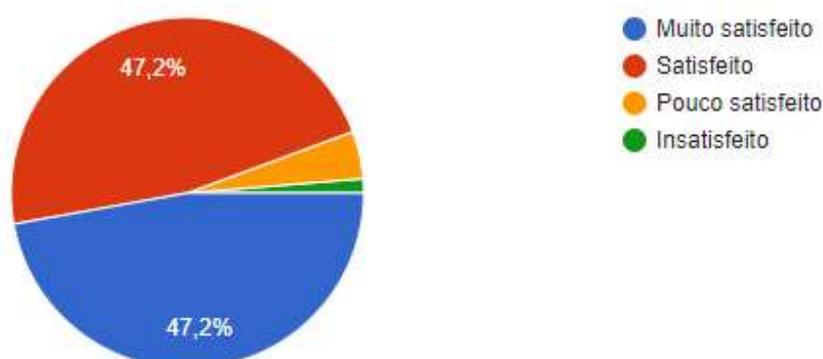
programa para avaliar seu grau de eficácia e eficiência e poder propor alguma intervenção (Figura 5).

Figura 4. Programas e políticas públicas acessados pelos agricultores em Pernambuco, Nordeste, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 5. Satisfação dos/as agricultores/as.

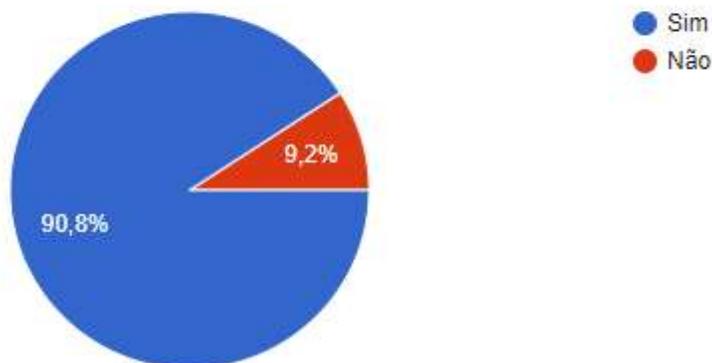


Fonte: Elaborado pelos autores.

Dentre os agricultores e as agricultoras entrevistados/as, 90,8 % declararam estarem satisfeitos quanto à melhoria da renda (Figura 6). Esse indicador é importante, uma vez que a política pública auxiliou, em certa medida, na melhoria da qualidade de vida, cumprindo, assim, com um dos objetivos do PAA.

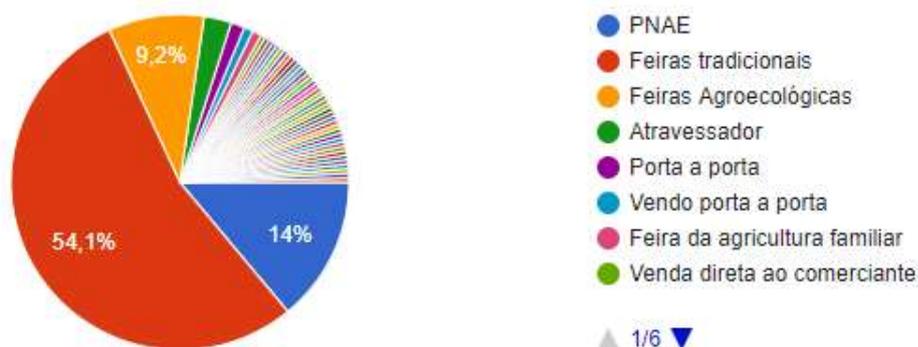
Observa-se que os agricultores e as agricultoras utilizam outros canais de comercialização: 63 % utilizam principalmente as feiras, sejam tradicionais ou agroecológicas – sendo a agroecológica a que promove e valoriza a biodiversidade e incentiva hábitos alimentares saudáveis. Não se tornam, assim, dependentes apenas do PAA para comercializarem seus produtos (Figura 7).

Figura 6. Aumento da renda familiar com a participação no Programa de Aquisição de Alimentos – PAA.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 7. Acesso a outro canal de comercialização de produtos.



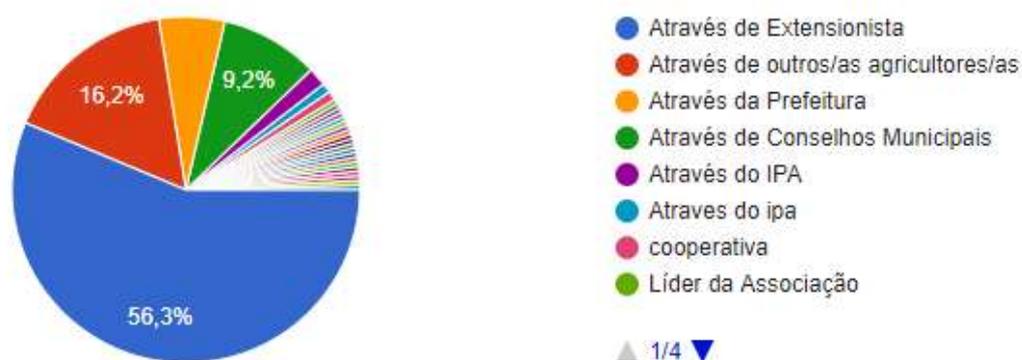
Fonte: Elaborado pelos autores.

Além do PAA, o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) é outra política que está sendo acessada para garantir a venda da produção. Juntamente com o PAA, o PNAE gerou grandes benefícios às camadas rurais que produzem em baixa escala e têm dificuldade em agregar valor à produção. Desde então, a partir da pequena produção, esses/as agricultores/as têm como meta produzir em maior quantidade e melhor qualidade. São também motivados a participarem de outros programas de compras institucionais do governo. O PAA possibilitou aos/as agricultores/as o acesso a um mercado que até então era inexistente em algumas economias locais, pois não havia garantia da venda. Nesta perspectiva, os sistemas agroalimentares devem considerar em sua base a soberania, a segurança alimentar,

a produção e reprodução da vida e do modo de ser camponês e outras lógicas produtivas e econômicas com sustentabilidade e justiça social. Pode-se, assim como afirmam Brunori *et al.* (2011), construir sistemas agroalimentares mais sustentáveis e localizados.

Sobre o conhecimento das políticas públicas, percebe-se no gráfico a seguir que mais de 50 % dos entrevistados conheceram a política pública através de extensionistas (Figura 8). Nesse sentido, cabe destacar a importância dos mesmos nos serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural como instrumento viabilizador e mediador para as políticas públicas chegarem ao meio rural.

Figura 8. Conhecimento do Programa de Aquisição de Alimentos – PAA.



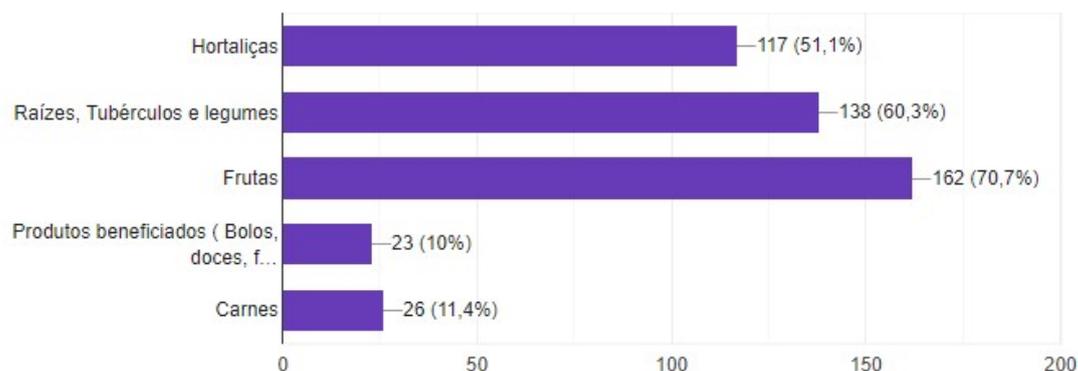
Fonte: Elaborado pelos autores.

Através da ATER, segundo dados do Censo Agropecuário de 2006, mais de 4,8 milhões de estabelecimentos de agricultura familiar “passaram a ter direito a um serviço qualificado e em quantidade suficiente para atender às suas demandas de produção, comercialização, organização social, entre outras questões do campo” (SILVA, 2013). Estudos mais recentes do governo brasileiro mostram que a assistência técnica ainda é um desafio no meio rural; e, para avanço no setor produtivo com inclusão e reconhecimento dos sistemas agroalimentares familiares e camponeses, a assistência técnica é um dos pilares para o desenvolvimento no campo (SCHEIDER; CASSOL, 2013).

A diversidade de produtos comercializados – principalmente frutas, raízes, tubérculos, legumes e hortaliças (Figura 9) – revela a importância do programa no

redesenho das unidades de produção e sua relação com o regaste da sociobiodiversidade.

Figura 9. Produtos comercializados no Programa de Aquisição de Alimentos – PAA.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Vieira (2008), a diversificação dos produtos contribui para a diminuição dos riscos econômicos e oferece mais segurança contra intempéries e desigualdades nas colheitas. Por ser diversificada, a agricultura familiar traz benefícios socioeconômicos e ambientais. Outro fator relevante a destacar é que mais de 95 % dos/as agricultores/as não deixou de consumir os alimentos produzidos, valorizando o autoconsumo, promovendo a segurança alimentar e nutricional da família, visto que consomem uma variedade de alimentos produzidos por eles mesmos. Outro indicador interessante é que, com o acesso ao programa, foi ampliada a área cultivada, possibilitando a diversificação e qualificação da produção; houve aumento da renda, valorização da mercadoria e produção para o autoconsumo.

De acordo com Becker, Anjos e Caldas (2009), esses são alguns dos objetivos implícitos do programa, como a distribuição de renda, a circulação de dinheiro na economia local, a exploração mais racional do espaço rural, o incentivo à agrobiodiversidade e a preservação da cultura alimentar regional. Segundo Vieira (2008), a diversificação dos produtos contribui para a diminuição dos riscos econômicos e oferece mais segurança contra intempéries e desigualdades nas colheitas. Por ser diversificada, a agricultura familiar traz benefícios socioeconômicos e ambientais.

Foram investigadas 132 entidades socioassistenciais. Dessas, 41 % participam do PAA há mais de 5 anos, e o maior público atendido são escolas e creches, beneficiando, em sua maioria, até 200 pessoas (Figura 10).

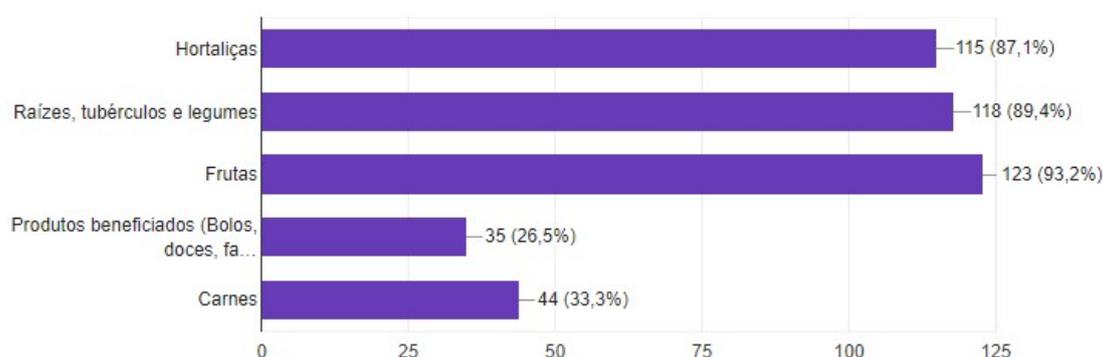
Figura 10. Entidades Beneficiadas com o Programa de Aquisição de Alimentos – PAA.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Observamos também a diversificação dos produtos doados: frutas, raízes, tubérculos, legumes e hortaliças e produtos beneficiados, e uma menor parcela de alimentos de origem animal, principalmente carnes. Em relação à aceitação dos produtos, mais de 80 % responderam ser de grande aceitação; e 98 % responderam que a quantidade é ótima e boa (Figura 11).

Figura 11. Diversificação dos Produtos doados.



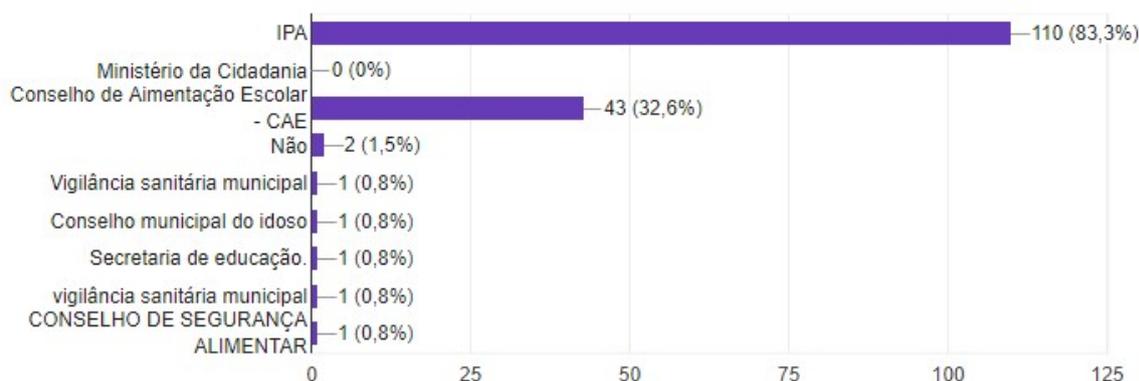
Fonte: Elaborado pelos autores.

É importante destacar que os dados indicam que houve mudanças no hábito alimentar dos participantes da entidade, aumento da frequência dos mesmos, que os alimentos fornecidos pelo PAA contribuem de forma muito significativa no cardápio da

entidade e avaliaram que os alimentos são de ótima e boa qualidade, pois “são produtos saudáveis e frescos que enriquecem [seu] cardápio”. Os entrevistados ainda responderam que não tiveram problemas de acessar a política e que o programa trouxe modificações na entidade, seja no enriquecimento dos cardápios e na alimentação balanceada, no fato de que crianças e idosos passaram a se alimentar mais de frutas e verduras, seja na redução das despesas e no aumento da confiança na origem dos produtos por parte da comunidade. Como melhoria para o Programa, sugeriu-se aumentar o recurso para que mais agricultores pudessem acessar a política, incluir mais frutas e aumentar a variedades dos produtos.

Durante a execução do programa, as entidades afirmaram ter recebido visitas da equipe de supervisão, na sua grande maioria do IPA e também do Conselho de Alimentação Escolar dos municípios (Figura 12).

Figura 12. Supervisão de entidades relacionadas ao Programa de Aquisição de Alimentos – PAA.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os responsáveis pelas entidades sinalizam que as organizações estão muito satisfeitas com o PAA. Durante as entrevistas, vários destacaram que os benefícios do programa vão desde a economia em relação aos gastos com os alimentos, até a melhoria da saúde do público atendido, uma vez que o consumo de alimentos naturais, diversificados e com qualidade - principalmente quando se trata de crianças e idosos - garante uma maior resistência às doenças. E colocaram a importância da continuidade do programa, com regularidade e frequência dos produtos, melhoria no acondicionamento de frutas e hortaliças, até a entrega na entidade e a inclusão de novos produtos rurais das regiões.

Construindo Cenários Futuros: Perspectivas e Desafios

O Programa de Aquisição de Alimentos – PAA é referência de uma política pública brasileira bem-sucedida. Ao priorizar a compra dos agricultores familiares, valorizar a biodiversidade, estimular a produção orgânica e agroecológica de alimentos, dinamizar a economia local e incentivar o cooperativismo e o associativismo, o programa gera também inclusão social e desenvolvimento sustentável.

Sabe-se que ainda existem muitas dificuldades e desafios no Brasil em relação à continuidade do programa, aos cortes orçamentários, ao cenário atual de crise política e econômica e ataque aos direitos dos trabalhadores (rurais e urbanos) e aos programas sociais. Diante desse contexto, é possível verificar a importância que o Programa de Aquisição de Alimentos na modalidade Compra com Doação Simultânea tem para os municípios do estado de Pernambuco – não somente para os/as agricultores/as familiares, que contam com mais um canal de escoamento para produção assegurado, mas principalmente para as entidades e famílias, que passam a ter acesso a uma variedade de produtos alimentícios (frutas, verduras e legumes) que incrementam a alimentação diária e, por conseguinte, a qualidade de vida da família.

Como proposta de estudos futuros, pontuamos a análise da inclusão do Programa de Aquisição de Alimentos - PAA como uma das estratégias de enfrentamento às calamidades, pandemias e outras situações emergenciais para as populações socialmente vulneráveis. E, em função do momento histórico de crise que se apresentou no ano de 2020, fazem-se necessárias ações que movimentem a economia urbana e rural e a preservação de condições mínimas de qualidade de vida – principalmente nas regiões mais afastadas dos grandes centros – e que envolvam não só a execução efetiva como também as bases legais para consolidar e legitimar os objetivos das políticas públicas desta natureza.

Agradecimentos

Ao Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA por viabilizar a efetivação deste artigo. Aos agricultores e agricultoras familiares e àqueles responsáveis pelas entidades socioassistenciais pela atenção dispensada e paciência em responder aos questionamentos. Aos extensionistas colaboradores Claudio José Dias Silva, Gerlucio

Moura Bezerra de Souza, Renata Cleidiane Soares Costa e Samantha Britto Almeida Marçal, pela colaboração e aplicação dos questionários aos agricultores e agricultoras familiares e aos responsáveis pelas entidades socioassistenciais. E também a Mário Melquíades Silva dos Anjos, pela elaboração do mapa do estado de Pernambuco.

Referências

ABRAMOVAY, R.; MORELLO, T. F. **A democracia na raiz das novas dinâmicas rurais brasileiras**. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE DYNAMICS OF RURAL TRANSFORMATIONS IN EMERGING ECONOMIES, April 14–16, New Delhi, Índia, 2010.

BECKER, C. ANJOS, F. S.; CALDAS, N. V. Políticas públicas estruturantes e segurança alimentar: o caso do PAA. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 47, 2009, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: SOBER, 2009. Disponível em: <http://www.sober.org.br/palestra/13/88.pdf>. Acesso em: 02 maio 2020.

BETTO, F. **Fome Zero: como participar**. Brasília, DF: Ministério Extraordinário de Segurança Alimentar e Combate à Fome, 2004.

BRASIL. Lei nº 12.512, 14 de outubro de 2011. Institui o Programa de Apoio à conservação ambiental e o programa de fomento às atividades produtivas rurais; altera as Leis nºs 10.696, de 2 de julho de 2003, 10.836, de 9 de janeiro de 2004, e 11.326, de 24 de julho de 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/1-2014/2011/lei/l12512.htm. Acesso em: 30. Abr. 2020.

BRASIL. Decreto nº7.775, de 4 de julho de 2012. Regulamenta o art.19 da Lei nº 10.696 de 2 de julho de 2003, que institui o Programa de Aquisição de Alimentos, e o Capítulo III da Lei nº 12.512 de 14 de outubro de 2011, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7775. Acesso em: 30 abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social. **Renda para quem produz e comida na mesa de quem precisa**. Brasília: MDS/ Programa de Aquisição de Alimentos da Agricultura Familiar, 2012.

BRUNORI, G.; ROSSI, A.; MALANDRIN, V. Co-producing transition: innovation processes in farms adhering to solidarity-based purchase groups (GAS) in Tuscany,

Italy. **International Journal of Sociology of Agriculture and Food**, v. 18, n. 1, p. 28–53, 2011.

CAPORAL, F.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. **Agroecologia: uma ciência do campo da complexidade**. Brasília: MDA, 2009. 111 p.

CASTRO, C. N. A agricultura no Nordeste brasileiro: Oportunidades e limitações ao desenvolvimento. **Texto para discussão**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Rio de Janeiro, nov. 2012. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1011/1/TD_1786.pdf. Acesso em: 30 abr. 2020.

CELLARD, A. A análise documental. *In*: POUPART, J. *et al.* (Orgs.). **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis: Vozes, 2008. p. 295–316.

CENSO AGROPECUÁRIO 2006. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf>. Acesso em: 15. ago. 2020.

FIGUEREDO, S. C. Importância do nível de escolaridade para os agricultores na gestão da propriedade rural. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E INCLUSÃO, 1., 2014, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2014. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/8843>>. Acesso em: 10 maio 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (Rome). **The State of Food Insecurity in the World 2014: strengthening the enabling environment for food security and nutrition**. Rome: FAO, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (Rome). **The 10 elements of agroecology: guiding the transition to sustainable food and agricultural systems**. Rome: FAO, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2008. 175p.

GRISA, C.; SCHNEIDER, S. **Políticas Públicas no Desenvolvimento Rural do Brasil**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2015. 624 p.

HALL, A. From fome zero to bolsa família: social policies and poverty alleviation under

Lula. **Journal of Latin American Studies**, v. 38, n. 4, p. 689–709, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0022216X0600157X>>. Acesso em: 6 maio 2020.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO (Recife, PE). **Apresentação**. Recife: IPA, 2021. Disponível em: <<http://www.ipa.br/novo/apresentacao>>. Acesso em: 5 abr. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Rio de Janeiro). **Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018**: análise da segurança alimentar no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2020a. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101749.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Rio de Janeiro). **Cidades e estados**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe.html>>. Acesso em: 1 maio 2020.

INSTITUTO CIDADANIA. **Projeto Fome Zero**: uma proposta de política de segurança alimentar para o Brasil. Brasília, DF: Instituto Cidadania, 2001.

MALUF, R. S. Políticas agrícolas e de desenvolvimento rural e de segurança alimentar. *In*: LEITE, S. (Org.). **Políticas Públicas e Agricultura no Brasil**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2001. p. 58–85.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

MIELITZ NETTO, C. G. A. A política agrícola brasileira, sua adequação e sua funcionalidade nos vários momentos do desenvolvimento nacional. *In*: BONNAL, P.; LEITE, S. P. (orgs), **Análise comparada de políticas agrícolas**: Uma agenda em transformação. Rio de Janeiro, RJ: Cirad/ Mauad, 2011, p. 221–251.

MILHORANCE, C. Diffusion of Brazil's food policies in international organizations: assessing the processes of knowledge framing. **Policy and Society**, v. 39, p. 36–52, 2020.

ROCHA, A. G. P.; CERQUEIRA, P. S.; COELHO, V. P. Um panorama do Programa de Aquisição de Alimentos no estado da Bahia: estudos de caso em Boa Vista do Tupim, Tapiramutá e Vitória da Conquista. **Revista Sociedade e Desenvolvimento Rural**. v. 1, n. 1, p. 1–22, 2007.

SCHNEIDER, S.; CASSOL, A. **A agricultura familiar no Brasil**. 2013. Serie Documentos de Trabajo N° 145. Grupo de Trabajo: Desarrollo con Cohesión Territorial. Programa Cohesión Territorial para el Desarrollo. Rimisp, Santiago, Chile.

SILVA, R. P. As especificidades da nova ATER para a agricultura familiar. **Revista Nera**, v. 16, n. 23, p. 150–166, 2013.

TURATO, E. R. **Tratado da metodologia da pesquisa clínico qualitativa**. Petrópolis: Vozes, 2003.

VASCONCELOS, E. M. **Complexidade e pesquisa interdisciplinar**: epistemologia metodologia operativa. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2013. 344p.

VIEIRA, D. F. A. **Influência do Programa de Aquisição de Alimentos na comercialização dos produtos da agricultura familiar**: o caso do município de Paracatu em Minas Gerais. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2008.

Capítulo 9

INOVAÇÕES NA TRANSIÇÃO AGROECOLÓGICA: EVOLUÇÃO OU REVOLUÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR DO SEMIÁRIDO DE PERNAMBUCO?

Eliane de Carvalho Noya
Manoel Saraiva Marques
Cynthia Araújo de Lacerda

A evolução da agricultura nas sociedades: uma argumentação geográfica de mudanças reativas

O texto publicado por Pena (s.d.) que trata da relação, nem sempre equilibrada, entre sociedade e natureza desde o surgimento das primeiras civilizações, mostrando as formas pelas quais as ações humanas transformam o meio ambiente e utilizam-se deste em interesse próprio, mostrou-se bem indicado para iniciar ilustrando historicamente o tema da transição agroecológica.

Até porque diz respeito também a forma pela qual as composições naturais – seres vivos, relevo, clima enfim, os recursos naturais, interferem nas dinâmicas sociais. Por isso mostra-se importante entender a complexidade com que se estabelece a relação entre homem e natureza e vice versa.

O autor mostra como, no decorrer do tempo, as sociedades tornaram-se cada vez mais desenvolvidas produzindo, em decorrência, transformações cada vez mais avançadas em seus sistemas de técnicas, gerando um maior poder de construção e transformação do espaço geográfico e os fortes impactos, influência que acontece de formas e perspectivas variadas, como é o caso de desmatamentos, de queimadas, retirada dos recursos do solo pela mineração, alteração das formas de relevo para o cultivo, entre outras.

Enfatiza a Revolução Industrial, como criadora de mudanças da sociedade sobre o meio rural, propiciando uma união de fatores que levou ao aceleração da geração de nefastos impactos ambientais e sociais.

Lembra que é preciso considerar o vice e versa do processo: a natureza também gera impactos sobre a sociedade. Essa perspectiva é de necessária compreensão para que não se considere o espaço natural como um meio estático, sem ação ou reação. Citando alguns exemplos, a existência de desastres naturais,

fortes ciclones e ocorrência de intensos terremotos, argumenta, «são algumas das muitas formas com que a natureza pode gerar mudanças no espaço geográfico e na constituição das ações humanas ». Cedo ou tarde, os impactos gerados pela natureza sobre a sociedade como, por exemplo, a formação de grandes lençóis de areia, o avanço do mar sobre as orlas das cidades costeiras ou, o pior, o aquecimento global, fruto da poluição e da degradação ambiental, podem ser irreversíveis, embora essa teoria não seja consenso no meio científico, muitos cientistas têm reafirmado e tomado posição neste sentido.

Portanto, independente da forma com que se estabelece essa complexa relação entre natureza e sociedade, já que esta última é parte integrante da primeira, os seres humanos deveriam, obrigatoriamente, cuidar, preservar e serem guardiões do ambiente natural, sobretudo no sentido de garantir a existência dos recursos e dos meios a ele inerentes para garantir a sustentabilidade da vida das sociedades.

Já no caso do Brasil, a lógica, no imediatismo ainda premiado, quando se considera que a sua vocação seja a produção de alimentos, a exploração de fontes de água doce e o ecoturismo, torna-se cega e, neste caso, adequa o ambiente natural às máquinas, destruindo as estruturas naturais e os serviços ecossistêmicos essenciais, o que deveria ser considerado crime inafiançável. Parte da população não tem se dado conta do perigo que corre.

Felizmente, há quem pense diferente. Que é preciso observar mais a natureza, a ecologia da vida e, a partir de ecossistemas primários tais como rochas aflorando, aparentemente inóspitas, reconstruir esses ecossistemas que, na verdade, possuem alta capacidade de integração ao sistema como um todo, na geração de vida, na produção vegetal e animal e na correção de desequilíbrios com o mínimo de interferência humana, produzindo alimentos saudáveis e duráveis para o ser humano e o ambiente. Trata-se de uma produção ecológica, em sentido mais abrangente que a orgânica, mantendo todas as estruturas e os serviços ecossistêmicos desenvolvidos.

Recentemente o IPA conta com várias experiências exitosas neste sentido, porém, para este capítulo optamos por uma reflexão sobre as dinâmicas da transição agroecológica que vem transformando o modo de produção de conhecimentos em P&D voltada para a agricultura familiar. De como as políticas públicas influenciam à agricultura no mundo inteiro e como foram fundamentais ao desenvolvimento

sustentável da agropecuária familiar, transformando sobretudo, a vida das pessoas e das paisagens do semiárido pernambucano.

Novos olhares acadêmicos e saberes dos atores influenciando as instituições

Desde a década de 70, vários acadêmicos se mobilizam em torno de temas relevantes como: pesquisa-ação participativa e multidisciplinar, preservação dos recursos naturais, mudanças climáticas, entre outros, dando origem a vários projetos e publicações com apoio institucional.¹ Entre outros, recentemente, o Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA tem realizado uma pesquisa participativa nos municípios de Iguaracy, Solidão e Tabira, todos situados no sertão do Pajeú no Estado de Pernambuco. Trata-se de trabalho multidisciplinar em andamento, no qual vem interagindo agricultores, pesquisadores e extensionistas locais.

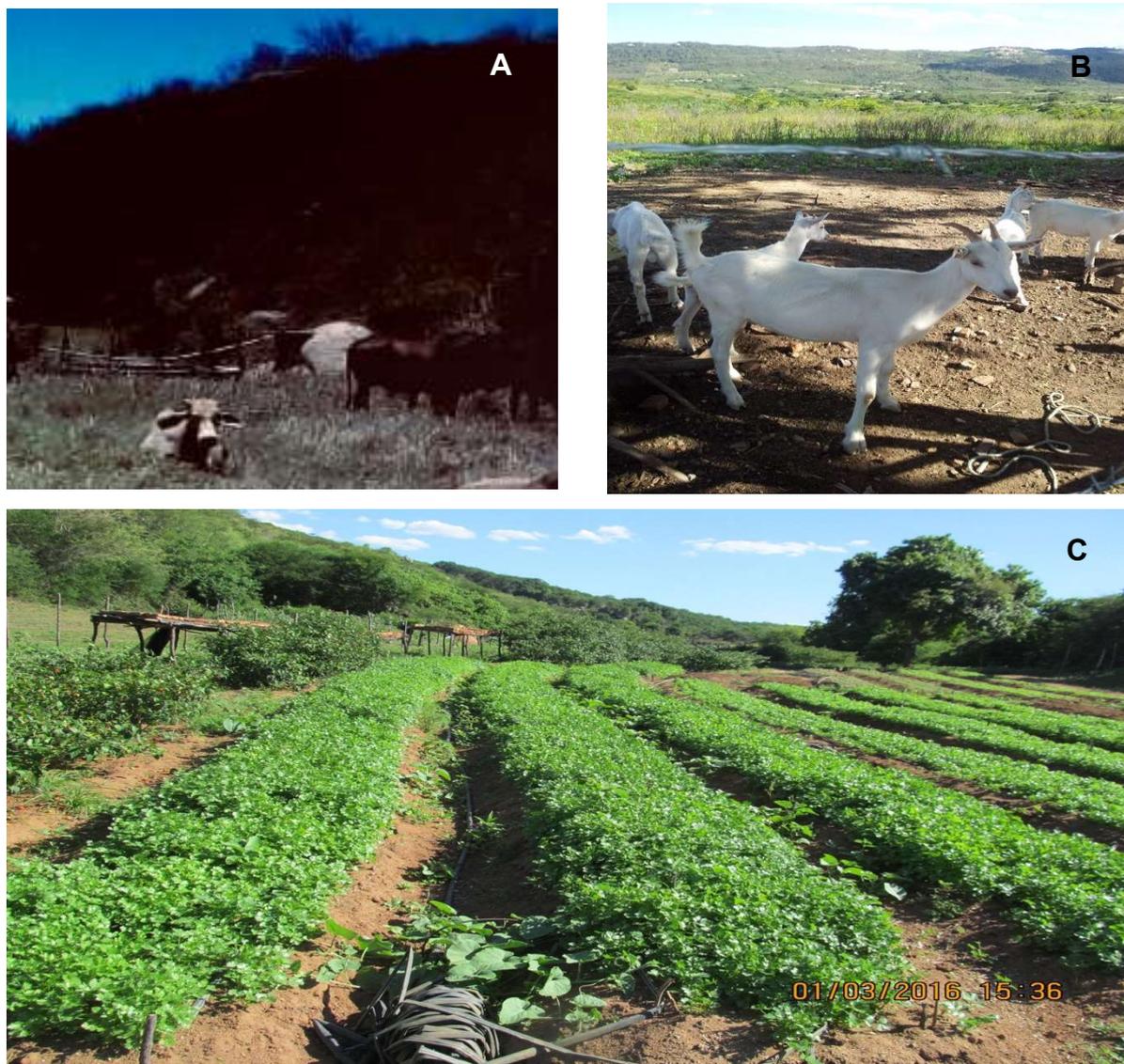
Neste trabalho tem sido realizadas observações da ocorrência de insetos-praga e da entomofauna benéfica a eles associada, de doenças em hortaliças de cultivo de transição agroecológica, e ainda de aspectos sociológicos e econômicos, tanto de ocorrência anterior, quanto aquelas durante a realização deste projeto.

Nas Unidades de produção acompanhadas no citado estudo, a agricultura está completamente integrada e respeitosa ao ecossistema. Não há a prática de queimadas, pela consciência dos agricultores sobre o malefício que aquelas podem causar ao solo. Também não se observa a prática de mecanização com maquinário pesado. Tem sido realizada uma agricultura artesanal, na maioria dos casos em pequenas áreas, dentro de cada pequena propriedade, característica tipológica da agricultura familiar (SOURISSEAU *et al.*, 2012), sendo que, com o passar do tempo, todos os agricultores envolvidos tem aumentado suas áreas cultivadas.

Em alguns casos, as áreas cultivadas são um pouco maiores, mas há limitação hídrica, sem exceção. Alguns possuem poço artesanal. Todos contam com cisternas e terraço de captação das águas de chuvas, que ocorrem em alguns períodos do ano. Quase todos os agricultores possuem algumas fruteiras, pequenos animais e poucos bovinos. Na (Figura1) apresentamos aspectos de pequenos rebanhos e uma panorâmica de hortaliças do semiárido pernambucano).

¹ Rivaldo Mafra, Geraldo Majella Lopes, Maria Cristina Lemos, Francinete Francis Lacerda, Eliane Noya, Elisabeth Maranhão, Rita de Cássia Galindo, Almir Dias, apenas citando alguns do IPA, entre outros gerando publicações com apoio institucional: De Carvalho Noya (1979), Noya (1996), Mafra *et al.* (2012), e Lacerda *et al.* (2015).

Figura 1. Imagens do projeto de pesquisa participativa do Pajeú, município de Solidão, (A) bovinos ecológicos; (B) caprinos ecológicos; (C) perspectiva de canteiros de coentro ecológico.



Fonte: Acervo do IPA

Nas propriedades que não dispõem de poço, as hortas são instaladas apenas nas épocas em que ocorrem as chuvas. Todos contam com áreas de vegetação nativa, as quais são preservadas pelos agricultores, conscientes da importância destas áreas para o ambiente e para a ocorrência de chuva.

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, tem coibido a antiga prática de transformação de parte das plantas nativas da caatinga em carvão, pela degradação ambiental. Os agricultores têm evitado tal

prática. Neste sentido percebe-se claramente a evolução positiva, pelas paisagens observadas.

A experiência mais recente de mudança radical na prática de P&D do IPA, aconteceu com o projeto financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, “Socio economia Verde”, que foi crescendo com a incorporação de vários pesquisadores de outras instituições e deu origem à Rede ECOLUMÉ.

Assim, ECOLUMÉ tornou-se um projeto multidisciplinar e multi-institucional que tem como base uma mudança de paradigma, começando com um novo olhar sobre os territórios do semiárido nordestino.

O projeto visa então criar a mudança do paradigma da seca no Nordeste, como origem da escassez de recursos econômicos e naturais e da extrema pobreza dos habitantes e dos territórios.

Testa-se o conceito de circularidade baseada no tripé sinérgico de segurança hídrica, energética e alimentar (LACERDA *et al.*, 2019) ou seja, segurança durável na captação, gestão e uso da água, da energia e da produção, distribuição e uso de alimentos saudáveis, tudo considerando a valorização do ambiente natural, o saber fazer local e a inclusão de gênero, geração e etnia, temas que perpassam o conceito de agroecologia conciliando biosfera (com seu imenso estoque de tecnologias) e demandas da vida humana.

Este projeto é realizado por uma equipe multidisciplinar do IPA² em cooperação com diversos pesquisadores e professores de instituições nacionais como da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, do Serviço de Ensino de Tecnologias Alternativas – SERTA, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA do Instituto do Semiárido – INSA, entre outros, e internacionais, como da Oxford University.

A estratégia de resistência e evolução da agricultura familiar do semiárido com os meios de produção disponíveis no bioma caatinga

Observa-se em vários territórios semiáridos de Pernambuco a existência de jovens agricultores que já iniciaram sua profissão praticando uma agricultura

² Sob a coordenação da Dra. Francinete Francis Lacerda, Climatologista, Engenheira Civil e Filósofa, Pesquisadora do IPA.

ecológica, incluindo a produção de suas próprias sementes, de seus sistemas de irrigação e formas de mercado solidário e de proximidade, características do campesinato (Figura 2). Mercados que garantem a qualidade dos produtos, reduzindo distâncias e diminuindo as perdas produzidas pelo transporte, e sobretudo valorizando a produção local.

Figura 2. Sistema de irrigação e cobertura de hortaliças ecológicas, criado por um jovem agricultor familiar no município de solidão.



Fonte: Acervo do IPA.

Esses territórios, historicamente considerados como difíceis do ponto de vista ambiental e econômico, na verdade fazem parte do bioma caatinga, de uma biodiversidade importante e de recursos naturais sub-explorados, sol quase o ano inteiro e muito vento, capazes de gerar energia, possibilitando a diversificação da atividade interna, mas não agrícola e, conseqüentemente, a melhoria significativa de renda.

Por outro lado, sabe-se que, a agricultura familiar do semiárido pernambucano enquadra-se mais na “forma camponesa” que na “forma familiar empresarial” de fazer agricultura (PLOEG, 2006, *apud* SCHNEIDER; NIEDERLE, 2008) e resistem fazendo uma produção diferenciada. Seja incentivado pela política pública (PRONAF, PAA e PNAE) seja pelo aumento da demanda por alimento e outros recursos naturais, os agricultores decidem como estratégia uma produção ecossistêmica e um distanciamento de determinados tipos de mercado (internalização e

desmercantilização), preferindo os circuitos curtos em mercado solidário. A forma camponesa representa assim, uma espécie de “coprodução” que busca internalizar recursos e sustentar alguma autonomia dos meios de produção que garantam a sua reprodução. Quer dizer, interação mútua entre homem e natureza viva e, de forma geral, entre o social e o material. A questão não será aqui aprofundada, mas é importante evidenciar a busca de autonomia revelada na estratégia dos agricultores familiares do semiárido.

É necessário tomar consciência da necessidade de preservar os biomas e de compreendê-los como indutores de prosperidade social e ambiental.

A utilização do potencial fotovoltaico, uma das linhas temáticas trabalhadas no ECOLUME por exemplo, é um elemento sinérgico, catalisando um novo paradigma de desenvolvimento socioeconômico em territórios semiáridos: uma nova perspectiva de transformação do quadro secular de dependência e de pobreza ligadas a estes territórios.

As alterações climáticas, sob a forma de secas graves, tomam novo aspecto na visão do ECOLUME que está a considerar mais a abundância - sol e riquezas do bioma, ao contrário de um paradigma de desenvolvimento falido, focado na pobreza e escassez de água.

Essencial no processo participativo e multidisciplinar é a observação complementar das diferentes disciplinas e a dos atores locais. Diferentemente de alguns especialistas que trabalham apenas especificidades, desconsiderando o todo na prática do campo. Tornou-se necessário ampliar a compreensão a outros domínios que compõem a produção agrícola (GRIFFON, 2017).

Daí a importância de trabalhos como estes de pesquisa participativa, que já vinham sendo testados pelo IPA para “pular as porteiras” e reduzir as distâncias verticais da “Torre de Marfim”, tais como os projetos financiados pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA e Ministério do Desenvolvimento Social – MDS, “Unidade de Pesquisa e Aprendizagem Coletiva – UPAC peixe e camarão” e “Segurança alimentar da roça à mesa”³ contando com um trabalho conjunto e integrando diretamente os agricultores, garantindo assim a troca de saberes, além da

³Ambos coordenados por Eliane De Carvalho Noya, Jornalista e Doutora em Sociologia, pesquisadora do IPA, associada ao Laboratoire Dynamiques Sociales et Recomposition des Espaces-LADYSS/CNRS.

observação e do estudo das realidades locais, a fusão e validação das ideias e práticas tradicionais adotadas pelos agricultores com os conhecimentos acadêmicos (NOYA *et al.*, 2009).

Validam-se, então, conhecimentos e práticas endógenas, propiciando a cocriação de novos conhecimentos e práticas no campo.

Ainda como exemplo, registra-se que os agricultores integrantes da pesquisa no Pajeú, já utilizavam o controle alternativo ao químico de insetos-praga em suas lavouras, prática que foi ampliada na sequência do trabalho e da integração com os entomologistas atuantes no projeto. Ocorre um trabalho de pesquisa e aprendizagem mútuas e contínuo de estímulo à observação regular dos plantios e de experimentação pelos agricultores, que por sua vez, aportam muitos conhecimentos aos pesquisadores e extensionistas envolvidos.

Quando inicia o período chuvoso, além de hortaliças, (renda rápida), que comercializam em feiras locais de municípios vizinhos, em vendas porta-a-porta ou ainda em venda direta na própria unidade produtiva (LACERDA *et al.*, 2017), tradicionalmente plantam milho, feijão, macaxeira e batata doce, para assim tentarem garantir sementes próprias e também produtos de subsistência para a família, e ainda para ajudar vizinhanças com as quais compartilham de modo corriqueiro saberes, informações e trabalhos solidários como os mutirões para determinadas tarefas. Verifica-se a confirmação que esses agricultores conservam a solidariedade característica do campesinato (WANDERLEY, 2009)

Levando em conta a pluriatividade da agricultura familiar observa-se que, nas épocas secas, priorizam gerar renda trabalhando no que é possível dentro da propriedade ou em propriedades de terceiros em outros serviços agrícolas e não agrícolas. Normalmente trabalham como diaristas em outras propriedades, cuidando de roçados ou de pequenos animais; fazendo cercas, construindo barreiros, consertando poços, ou ampliando apriscos, galinheiros e pocilgas ou pintando residências ou mesmo trabalhando em comércio nas cidades próximas. Uma «agricultura cada vez mais multifuncional pressupõe a generalização da pluriatividade no espaço rural como forma de ampliar a sua função de geração de emprego e renda e ampliação das oportunidades ocupacionais» (SCHNEIDER, 2003).

É comum que mulheres agricultoras, na época seca, trabalhem temporariamente como diaristas, fazendo limpeza doméstica ou cuidando de crianças em residências locais, até que ocorram novas chuvas, quando retornam aos cuidados

com seus novos plantios em suas propriedades ou em lotes, quando se trata de assentadas da Reforma Agrária.

Desafios dos agricultores familiares do semiárido na transição agroecológica

Quanto aos desafios da agricultura orgânica e agroecológica no semiárido, sabe-se que produzir em solo degradado pode levar anos de práticas de recuperação biológica do solo.

Muitos profissionais das ciências agrícolas saem das universidades com a visão “da revolução verde” que promove uma agricultura nos moldes de “chão de fábrica”, em que as variabilidades dos solos são uniformizadas com calagens e adubações de NPK pesadas, para atenderem às exigências de variedades híbridas que respondem às doses elevadas de Nitrogênio, sob as práticas de mecanização intensa, de irrigação e do uso de herbicidas.

Porém, muitos acadêmicos e agricultores têm consciência de que é função primordial do solo captar e armazenar água da chuva, serviço ecossistêmico que só consegue realizar quando permanentemente vegetado. Assim, o sucesso do movimento orgânico, por exemplo, depende da adoção ecológica de manejo do ambiente em ecossistemas.

Sabendo disto, a indústria química procura imitar a natureza, aumentando a concentração das moléculas químicas e dos indivíduos biológicos para facilitar o controle de pragas e doenças. Porém, do ponto de vista ecológico, quando as plantas necessitam de defesa contra insetos-pragas e patógenos de forma generalizada e intensa, é indicativo de que o ambiente encontra-se em desequilíbrio.

Sobre isto, observa-se, nas propriedades dos três municípios do sertão do Pajeú, que usualmente ocorrem baixas populações de insetos e, também, verificam-se ataques de populações maiores, somente em determinadas épocas do ano, em ocorrências populacionais passageiras, as quais a própria natureza tem se encarregado de sanar em curtos períodos de tempo.

Danos às plantas causados por pequenas infestações populacionais são atenuados com a adoção de cinturões de proteção, com o plantio de plantas atrativas e repelentes. No caso de danos causados por surtos populacionais passageiros mais intensos como, por exemplo, de Orthopteros ou de Lepidopteros, parte da produção agrícola pode ser preservada em cultivos protegidos, como em telados com telas anti-trips que evitam a entrada de insetos.

A produção agrícola em solo saudável é benéfica às plantas pois, nesta condição, apresenta elevado grau de agregação com muitos macroporos, o que permite a drenagem de água e a necessária entrada do oxigênio para a sua respiração adequada pois, do contrário, ocorre a murcha e problemático desenvolvimento radicular.

O solo vivo possibilita assim, a ocorrência de inúmeros seres micro, meso e macroscópicos associados às plantas, estimulantes de sua defesa natural e desenvolvimento adequado.

Fundamentando o manejo ecológico do solo

Os solos se formam a partir de rochas, mas é com a incorporação de outros elementos (material vegetal - flores, frutos, galhos e troncos, insetos e outros organismos animais microscópicos, mesoscópicos, e macroscópicos que ele se torna viável a uma boa vegetação e vice versa. O estudo da interdependência entre clima-planta-solo-microrganismos e a mesofauna originou o conceito de ecossistemas (PRIMAVESI, 1979). Então, implementando-se técnicas ecológicas de manejo, é possível se produzir em solo degradado. Para se iniciar um processo de transição de solo degradado para produtivo, são utilizadas plantas aeradoras, adubadoras e coquetéis de leguminosas, por exemplo. Como a natureza se completa e equilibra por si mesma, observa-se por exemplo, que nas áreas de preservação das florestas não existem plantas doentes.

Assim, a agricultura sustentável torna-se tema que merece destaque na política ambiental. A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO considera que ações de conservação ambiental, do solo, água e recursos genéticos, animais e vegetais, bem como o uso de técnicas apropriadas, economicamente viáveis e socialmente aceitáveis, são imprescindíveis para o desenvolvimento da agricultura sustentável (IZQUIERDO *et al.*, 2007).

Observa-se, portanto, que o setor agrícola está cada vez mais atento às questões ambientais por ter, com a prática e o tempo, percebido que as técnicas convencionais de agricultura intensiva provaram ser ambientalmente insustentáveis e, para atender à demanda da parte da população que se tornou consciente e exigente quanto a consumir alimento saudável, ambientalmente sustentável e produzido sem explorar o trabalhador.

A temática é atual, a mudança do sistema agrícola convencional para o ecológico, em busca da qualidade, da comercialização garantida de alimentos produzidos em harmonia com o meio ambiente, está evidenciada no semiárido, pois esta é a ideia: realizar uma agricultura integrada com o ambiente natural, exercer a consciência de que aquela depende e deve respeitar a este, pois não são estanques, mas parte de um mesmo todo. Entenderam, portanto, que deveriam produzir alimentos que atendam à demanda atual, sem degradação do solo e dos recursos hídricos, sem perda da biodiversidade e sem o uso indiscriminado de fertilizantes e defensivos químicos (NOYA *et al.*, 2010).

Nesse sentido, o projeto de pesquisa participativa no sertão do Pajeú constatou, em entrevistas com agricultores familiares produtores de hortaliças de transição agroecológica, que alguns deles haviam substituído a prática agrícola convencional (usuária de insumos químicos), por aquela do modo de cultivo ecológico, sem mais utilizarem agrotóxicos.

Os agricultores revelaram ter mudado de atitude para proteger a si, dos perigos à saúde no manuseio de produtos altamente tóxicos, como também aos seus familiares e aos consumidores das hortaliças que produzem, pela crescente procura destes últimos por produtos saudáveis, e também por perceberem o crescimento do mercado orgânico, sob a perspectiva de aumentarem o ganho. Quer dizer, uma percepção avançada de mercado e uma consciência de contribuição com a segurança alimentar e ambiental.

Manejando a terra de modo produtivo

Com o advento da agricultura moderna (século XVIII), a produção em maior escala começou caracterizando a primeira revolução agrícola, que ainda mantinha as características da integração das produções agrícola e pecuária; domínio sobre as técnicas de produção em maior escala e intensificação da rotação de culturas com plantas forrageiras. Modelo produtivo praticado nas últimas décadas, denominado agricultura convencional.

A “Revolução Verde” teve suas justificativas lobistas: aumentou a produção mundial de alimentos e diminuiu os custos de produção, proporcionando benefícios que foram repassados aos consumidores (AMARAL, 2011).

Contudo, os resultados ambientais e sociais não foram os melhores, pois ocorreram: degradação dos solos pelos processos de erosão, acidificação, salinização

e compactação; desmatamentos ilegais; erosão genética e perda da biodiversidade pela especialização da produção; contaminação da água, solos e alimentos pelo uso inadequado de adubos e defensivos químicos; intoxicação de trabalhadores rurais e consumidores pelo uso indevido destes produtos tóxicos; surgimento de novos insetos pragas, sendo alguns resistentes aos agrotóxicos; concentração de renda e exclusão social (AMARAL, 2011, op. cit.).

Em resposta a esses impactos, surgiram diversos movimentos, cada um com suas especificidades, em prol de uma agricultura mais ecológica e socialmente sustentável. Entre eles destacam-se os movimentos voltados para práticas agrícolas, com respeito aos recursos naturais e conhecimento tradicional, orgânico, biodinâmico, natural, regenerativo e de permacultura.

Em meados dos anos 80, as discussões avançaram sobre os impactos ambientais e sociais da agricultura convencional, que juntaram-se às questões globais pertinentes na época, como a destruição de florestas, ocorrências de chuvas ácidas, acidentes ambientais e efeito estufa, exploração do trabalhador (trabalho escravo), chegando aos ambientes agrônomo e institucional, incluídos entre os consumidores, já preocupados que estavam com a qualidade dos produtos e com os danos ambientais causados pelo modelo convencional agrícola, e que passaram a interferir no sistema de produção, por meio da demanda por produtos saudáveis, produzidos de forma socialmente justa, com o respeito à natureza e à saúde dos trabalhadores. Surgiu, então, o termo “agricultura sustentável” (ALTIERI, 2002).

Neste contexto, o relatório de Brundtland, também intitulado “Nosso futuro comum”, foi elaborado em 1987, pela comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento – CMMAD, documento fundamental para que o conceito de sustentabilidade, antes restrito a outros ramos da economia, fosse estendido para a agricultura, apontando para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e padrões de produção e de consumo vigentes (CMMAD, 1988).

A evolução das políticas públicas - base para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar em Pernambuco

Bonnal (2013), fez um amplo estudo sobre as políticas públicas para a agricultura familiar no Brasil. Segundo ele, a fragilização da aliança política que apoiava o governo militar, conduziu à transição democrática e liberal dos anos 80 e 90. “São as modalidades desta transição que explicam o reconhecimento inédito da

agricultura familiar em 1994 e a aplicação do PRONAF, sob a pressão crescente dos movimentos populares e sindicais”. A partir do ato fundador constituído pela elaboração do PRONAF, o Estado brasileiro, notadamente a partir de 2003, multiplicou os programas de apoio à agricultura familiar seguindo uma estratégia tripla: i. a identificação de segmentos da população que respondessem a desafios específicos; ii. a territorialização das políticas públicas e, iii. o alargamento das políticas sociais”. O avanço dessas políticas teve importante participação e influência da Federação Nacional dos Trabalhadores e Trabalhadoras da Assistência Técnica e Extensão Rural e do Setor Público Agrícola do Brasil-FASER⁴, além da sociedade civil.

Em 2008, em plena crise agrícola, o programa « Pronaf Mais Alimento » é lançado para estimular o investimento (infraestruturas, implementos, etc.) das explorações familiares. Em 2010, estiveram em curso 1,6 milhões de contratos com um volume de financiamento de cerca de 16 milhões de reais. As condições de crédito (volume do empréstimo, taxa de crédito, finalidade e duração do empréstimo) dependem da categoria do produtor. O sistema de categorização distingue 6 classes de agricultores familiares A, B, C, A/C, D, E.

Ainda em 2003, um novo programa de aconselhamento agrícola credível foi lançado para reestruturar o serviço público de divulgação agrícola (Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural), desmantelado em 1990 pela vaga de desengajamento do Estado. Trata-se do Programa Nacional de Assistência Técnica e Desenvolvimento Rural (PNATER). No âmbito deste programa, o serviço de consultoria é descentralizado e delegado a operadores públicos e privados selecionados por concurso em editais. A PNATER foi acompanhada de um importante programa de formação de técnicos para a promoção da agroecologia. Foram criados dispositivos específicos para apoiar, em especial, audiências orientadas: mulheres, comunidades indígenas, quilombolas, agricultores de perímetro da reforma agrária, entre outros (BONNAL, 2013, op. cit.)

Então o que vem a ser agroecologia e sua importância para o semiárido?

⁴ Entidade Federativa que congrega, defende e representa esta categoria de trabalhadores (as), tendo como objetivo central o encaminhamento das reivindicações de suas entidades filiadas (sindicatos, associações e outras entidades representativas). Teve participação ativa do assistente técnico do IPA Manoel Saraiva.

O termo “agroecologia” geralmente é empregado para designar a incorporação de ideias ambientais e sociais aos sistemas de produção. No Brasil, os termos “agroecológico” ou “agricultura ecológica” são algumas vezes empregados para designarem um segmento da agricultura sustentável, com foco nos aspectos sociais da produção, como se fossem um grupo à parte do movimento orgânico, crescente no país.

Porém, o significado da agroecologia é muito mais amplo, constituindo-se em nova abordagem da agricultura, que integra as diversas descobertas e estudos da natureza e suas inter-relações com aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da produção de alimentos. Resumindo, (BONNAL, 2013 op. cit.) «a agroecologia é uma forma de conceber sistemas de produção baseados nas funcionalidades oferecidas pelos ecossistemas ».

A agroecologia com as tecnologias sociais sustentáveis são soluções tecnológicas naturais que amenizam os impactos negativos das atividades agropecuárias, reforçando a resiliência e a reprodução da agricultura familiar. São práticas que mantêm os atributos físicos, químicos e biológicos do solo e possibilitam a manutenção de água limpa e permanente. Permitem ainda que sejam desenvolvidas atividades agropecuárias mais produtivas, sem a necessidade de expansão para novas áreas ou de degradação de recursos naturais.

A agroecologia oferece ainda, metodologias necessárias para desenvolver uma agricultura que seja, por um lado ambientalmente adequada e, por outro, altamente produtiva, socialmente equitativa e economicamente viável. Aspectos necessários e importantes para a manutenção da vida humana, animal e vegetal do bioma caatinga.

Reafirmando o que já foi dito neste capítulo, através da aplicação de princípios agroecológicos, poderão ser superados os desafios básicos na construção de agriculturas sustentáveis, ou seja: fazer um melhor uso dos recursos locais; minimizar o uso de insumos externos; reciclar e gerar recursos e insumos no interior dos ecossistemas; usar com mais eficiência as estratégias de diversificação que aumentam o sinergismo entre os componentes de cada agroecossistema (GLIESSMAN, 2001).

Portanto, a agroecologia é a validação das formas como foram construídas as principais vertentes de uma agricultura durável, como as da agricultura orgânica ou biológica; as da agricultura biodinâmica; as da agricultura natural e aquelas da permacultura.

Práticas que favorecem a conservação do solo

Práticas que auxiliam a infiltração das águas das chuvas, tais como:

1. Plantar em contornos ou em nível pois, deste modo, cada linha de plantas forma uma barreira, contribuindo para que diminua a velocidade da enxurrada e para o armazenamento da água nos pontos mais altos, o que ocorre em Iguaracy e em Solidão.
2. Utilizar restos culturais, os quais, ao se decomporem, favorecem aos organismos que vivem no solo, melhorando as condições de infiltração e armazenagem de água, o que diminui o impacto das gotas de chuva sobre a superfície, conforme constatamos em Iguaracy, Tabira e Solidão.
3. Construção de terraços em nível, estruturas formadas por canal, indicadas para áreas nas quais outras práticas de conservação do solo não tenham sido eficientes no controle da erosão, com a função de captar as águas que caem na área de cultivo, contendo as enxurradas, permitindo a infiltração no solo e o consequente abastecimento do lençol freático.
4. Limitar o número de animais nas áreas de uma só vez, para evitar-se compactação, endurecimento, dificuldade de infiltração da chuva no solo, além da diminuição da altura da pastagem, aumento de suas falhas e destruição do solo pela chuva e vento.

Para evitar a contaminação das nascentes, não se constroem currais, chiqueiros, galinheiros nem fossas sépticas nas proximidades ou acima daquelas; evita-se o desmatamento e a circulação do gado em áreas de preservação permanentes – APPS, e no entorno das nascentes, bem como evita-se o uso de adubos e agrotóxicos em áreas de várzeas situadas próximas àquelas, de córregos e de rios.

Responsabilidade na preservação da água

No semiárido não existe crença de que a água estará sempre disponível, mas sim, o senso e o sentimento de responsabilidade na utilização enquanto recurso raro e precioso. Isto depende estritamente de manejo do recurso, um dos temas fortemente trabalhados nas práticas do SERTA pelo professor Sebastião Alves e seus alunos de vários municípios sertanejos e pelo INSA, integrantes da rede ECOLUMÉ (LACERDA *et al.*, 2019).

É imprescindível que se apoiem iniciativas para reuso de água, a implantação de sistemas de tratamento de esgotos para que se reduza a contaminação; exigir que o município trate adequadamente os resíduos, com atividades como a instalação de coleta seletiva, reciclagem de resíduos sólidos, aterros sanitários, e ações de recebimento de produtos tóxicos agrícolas e domiciliares, como restos de tinta, solventes, petróleo e embalagens de agrotóxicos, entre outros; que os consumidores se organizem e pressionem as empresas para que produzam detergentes, produtos de limpeza e embalagens que causem menor impacto ambiental, bem como o uso racional dos resíduos sólidos e orgânicos. O que requer uma grande mobilização.

Sendo assim, a educação ambiental é o melhor caminho para entender a complexidade da relação homem-natureza na realidade local, como vem sendo realizada pelo SERTA em Ibimirim-PE com reforço da rede ECOLUMÉ (LACERDA *et al.*, 2019, *op.cit.*). Essa compreensão estimulada na escola, por meio da formação dos professores e alunos, tem feito a diferença, contribuindo para a existência de indivíduos críticos, participativos, preparados a enfrentar os problemas ambientais e uma possível crise dos recursos naturais disponíveis, incluindo a água.

Reflexões conclusivas

Alguns pontos ficaram evidenciados em relação a inovações reveladas na trajetória da agricultura familiar em Pernambuco. Uma mudança radical na prática de (P&D) do IPA, graças à persistência na mobilização de pesquisadores e extensionistas influenciando instituições e políticas públicas, culminando na revolução em termos de inovações co-construídas em alguns projetos aqui citados e sobretudo no âmbito da rede ECOLUMÉ.

Revolução nas estratégias de produção e comercialização, (mesmo que não se possa ainda generalizar) na busca de uma maior sustentabilidade. Fernández e Garcia (2001) enfatizam que a formação de uma sociedade, cuja atitude seja de coexistência e não de exploração da natureza, é essencial para uma agricultura sustentável. Revolução nas estratégias de negociação com atores locais e externos, graças a forte resiliência e senso de reprodução da agricultura familiar em bases mais sólidas com mais autonomia, embora mantendo aspectos culturais fortes, e criando inovações nos modos de vida e de produção, de mercados solidários para fazer face ao mercado estandardizado, contudo, sem uma total ruptura das formas camponesas, uma vez que se fundamentam na relação propriedade, trabalho e família

(WANDERLEY, 2009, op. cit.). Além de várias inovações tecnológicas reveladas nas mudanças das paisagens. Revolução nas políticas públicas com forte inclusão de jovens, de mulheres e de grupos étnicos. Embora que, o Brasil mesmo reconhecendo a multifuncionalidade da agricultura familiar, não remunere as externalidades produzidas neste âmbito, diferentemente de outros países (ALTIERI, 2002, op. cit.).

Referências

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura sustentável**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002. 592p.

AMARAL, A. A. do. **Fundamentos de Agroecologia**. Curitiba: Livro Técnico, 2011.

BONNAL, P. **Étude de cas Brésil**. In: **Collectif, Les Agricultures Familiales du monde. Definition, contributions et politiques publique**, Montpellier CIRAD, 2013 p.145-157.

CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO.RELATÓRIO BRUNDTLAND. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

FERNANDEZ, X. S.; GARCIA, D. D. Desenvolvimento rural sustentável: uma perspectiva agroecológica. In: **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 17–26, 2001.

GLIESSMAN, S. R. **Processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2.ed. Rio Grande do Sul: Editora da Universidade, 2001. 653p.

GRIFFON, M. **ÉCOLOGIE INTENSIVE: la nature um modèle pour l’agriculture et la société**. Paris: Buchet/Chastel, 2017. 247p.

IZQUIERDO, J.; FAZZONE, M. R.; DURAN, M. **Manual “Boas praticas agrícolas para agricultura familiar”**. Santiago: FAO. 2007. 60p.

LACERDA, C. A. *et al.* Estratégias de comercialização para a sobrevivência de agricultores em processo de transição agroecológica no sertão do Pajeú, Pernambuco, Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE ECONOMIA AGRÁRIA, 8, 2017, Coimbra. **Atas[...]**. Coimbra: Associação Portuguesa de Economia Agrária-APDEA, 2017. p. 1355–1364.

LACERDA, F. F. *et al.* O Projeto Ecolume: O paradigma da abundância na convivência com o clima semiárido no Nordeste brasileiro. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <www.revistafitos.far.fiocruz.br>. Acesso em: 20 fev. 2020.

LACERDA, F. F. *et al.* Long-term temperature and rainfall trends over northeast Brazil and Cape Verde. **Journal of Earth Science and Climatic Change**, v. 6, p. 296, 2015. Disponível em: < <https://www.omicsonline.org/open-access/longterm-temperature-and-rainfall-trends-over-northeast-brazil-andcape-verde-2157-7617-1000296.pdf> >. Acesso em: 20 fev. 2020.

MAFRA, R. C. *et al.* Estratégia de comunicação de tecnologia e de assistência técnica numa abordagem socioambiental para agricultura familiar. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 8, p. 72–81, 2012.

NOYA, E. C. **Création et Diffusion d'innovation pour les paysans brésiliens: exemples des états de Minas Gerais et Pernambuco**. 1979. 406p. Tese (Doutorado em sociologia), Paris, Editora Association Nationale pour la Reproduction de Thèses - ANRT. 1979.

NOYA, E. C.; LOPES, G. M. B.; SILVA, M. C. L. **Unidade de pesquisa e aprendizagem coletiva para produção sustentável de alimentos valorizando recursos territoriais**. In: CONGRESSO ALAS. LATINOAMÉRICA INTERROGADA, 27., 2009, **Anais** [...]. Bueno Ayres: CLACSO LAF SRL, 2009. 400p.

NOYA, E. C. *et al.* Politiques publiques et réduction de l'usage des pesticides: la politique de vulgarisation auprès des agriculteurs familiaux dans le Nordeste du Brésil In: **Colloque SFER La réduction des pesticides agricoles, enjeux, moralizes et conséquences**, 2010, Lyon.calenda.revues.org/nouvelle15808.html. **Anais** [...]. Paris: Calenda, 2010. Disponível em: <<https://www.aacademica.org/000-062/40>> Acesso em: 22 de fevereiro 2020.

PENA, R. F. A. **Relação entre Sociedade e Natureza**. Mundo Educação-Sociedade e Natureza – sem data. Disponível em: <<http://www.mundoeducação.uol.com.br>>. Acesso: 18 maio 2020.

PLOEG, J. D. van der. O modo de produção camponês revisitado. In: SCHNEIDER, S. **A diversidade da agricultura familiar**. Porto Alegre: UFRGS, 2006. p. 13–56.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 1979. 579 p.

SCHNEIDER, S. **A pluriatividade na agricultura familiar**. 2 ed. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2003. 252p.

SCHNEIDER, S.; NIEDERLE, P.A. Agricultura familiar e teoria social: a diversidade das formas familiares de produção na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 35, p. 227–26, 2008.

SOURISSEAU, J. M. *et al.* Les modèles familiaux de production agricole em question. Comprendre leur diversité et leur fonctionnement. **Autrepart**, v. 3 n. 62, p. 159–181, 2012.

WANDERLEY, M. B. **O mundo rural como um espaço de vida**: reflexões sobre a propriedade da terra, agricultura familiar e ruralidade. Porto alegre: UFRGS Editora, 2009. 328p.

Capítulo 10

AGRICULTURA URBANA E PERIURBANA NA PROMOÇÃO DA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL

Arminda Saconi Messias
Nathália Sá Alencar do Amaral Marques
Ianna Louise de Araújo Chagas
Galba Maria de Campos Takaki
Josimar Gurgel Fernandes

Introdução

Nas últimas décadas, a Agricultura Urbana e Periurbana (AUP) vêm crescendo significativamente nos centros urbanos. Segundo Santandreu e Lovo (2007), a prática dessa atividade torna-se uma maneira eficaz de garantia de Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) para as comunidades urbanas, além de aproximar a produção de alimentos com o produto final do consumidor. Outro aspecto importante é o papel da Agroecologia, que entra em cena junto com este modelo de produção de alimentos, garantindo produtos orgânicos de qualidade e reforçando as políticas de SAN (AQUINO; ASSIS, 2007).

A Food and Agriculture Organization (FAO) tem estimulado a sociedade e as diferentes esferas de governo a promoverem a AUP como uma alternativa para enfrentar problemas sociais, ambientais e econômicos; dessa forma, apontam que é possível abordar múltiplos problemas, pois, além de ser uma atividade de geração de renda, que pode promover a autonomia financeira e a qualidade de vida para pessoas de baixa renda, pode ser uma atividade que promove economia nas compras alimentícias, saúde psicológica, promoção do convívio comunitário, bem como a saúde alimentar, ao aproximar as pessoas do consumo de produtos orgânicos e naturais (Figura 1).

No contexto de urbanização acelerada que vem ocorrendo no Brasil, a Agricultura Urbana e Periurbana surge como uma importante ferramenta na gestão com vistas à sustentabilidade, dado que tem potencial para produzir benefícios em diversas dimensões, respondendo às novas demandas de produção, consumo, serviços e aproveitamento do espaço nas cidades. Em termos ambientais, a AUP pode contribuir para a amenização de impactos ambientais e melhor gestão dos

recursos naturais.

Também propicia condições para a reciclagem de resíduos sólidos e águas residuais, formação de microclimas pelo enriquecimento do componente vegetal na paisagem e manutenção da biodiversidade, entre outras, apresentando características propícias para práticas produtivas de base ecológica. No âmbito econômico, esta atividade pode gerar oportunidades de emprego e renda alternativa, especialmente para a população mais pobre, e abastecimento do mercado local. Já em termos sociais as repercussões, também, podem ser bastante positivas, pois além de fomentar a valorização das culturas locais, o empoderamento comunitário e de gênero (MOUGEOT, 2001; MACHADO; MACHADO, 2002), a AUP está historicamente relacionada à promoção da SAN das populações mais vulneráveis.

Figura 1. Representação esquemática da abrangência da Agricultura Urbana e Periurbana na sociedade



Fonte: Josimar Gurgel Fernandes (2022).

A produção nesses espaços conduz a melhores hábitos alimentares, seja pela diversificação, pelo consumo de alimentos mais frescos ou, ainda, pelo bem-estar alcançado durante a participação de tais atividades, sendo que frequentemente são notadas melhorias na saúde física e mental das famílias produtoras e em suas comunidades (ALMEIDA, 2004). Dessa forma, estimular a ampliação e criação de novas áreas de AUP é estrategicamente importante para enfrentar esses problemas

nos grandes centros urbanos.

No Brasil, diferente de alguns países, a falta de acesso aos alimentos é resultado da extrema desigualdade social, afetando especialmente aqueles em situação de extrema pobreza (BELIK, 2003). Sendo o agravamento da situação de falta de alimentos é cada vez maior no país, principalmente, em tempos de pandemia causada pelo Covid-19. Além disso, ressalta-se o aumento da crise econômica e desorganização da Segurança Alimentar e Nutricional, ocasionando, portanto, o aumento de pessoas em situação de fome no país (CRUZ, 2020). Tal fato demonstra o comprometimento da SAN no país, a qual está relacionada não somente às condições de produção e disponibilidade de alimento, mas também à garantia de acesso da população ao alimento em termos de quantidade, qualidade e regularidade.

Para as populações urbanas mais pobres a dificuldade econômica acerca do acesso às necessidades básicas se transforma em um ponto crítico de vulnerabilidade à insegurança alimentar (ARMAR-KLEMESU, 2001). Gastos com alimentação podem comprometer uma parcela substancial da renda das famílias, dependendo do estrato de renda em que estes se encontram (DOMBEK, 2006).

Neste sentido, a AUP pode ser uma das principais ferramentas na contribuição para a segurança alimentar da maioria das cidades, tanto consolidando-se como um componente do sistema alimentar urbano, como minimizando problemas de insegurança alimentar dos grupos vulneráveis. Os alimentos cultivados nas cidades contribuem para a SAN, não apenas pela maior facilidade de acesso a este alimento, mas também, na melhoria da qualidade da dieta alimentar, dado que essa passa a ser mais diversificada e saudável à medida que oferece frutas e vegetais frescos (AMAR-KLEMESU, 2001). Isto é claramente observado em alguns estudos que indicam que agricultores urbanos geralmente comem mais vegetais do que os não - agricultores da mesma classe socioeconômica, e também mais do que os consumidores de classes mais elevadas, que tendem a consumir mais carne (AMAR-KLEMESU, 2001).

Segundo a FAO (2009), a AUP pode atuar como um fator permanente nos processos de desenvolvimento sustentável das pessoas e da sociedade, cujos benefícios se inter cruzam e reforçam uns aos outros, sendo difícil considerá-los isoladamente. Todavia, o grau de contribuição da AUP a estes processos está intimamente ligado a alguns fatores. Dentre eles se destacam o envolvimento de diversos atores sociais, como os produtores, representantes políticos, de ONGs, centros de pesquisa, fornecedores e compradores entre outros, pertencentes tanto a

setores públicos como privados, da economia formal e informal, os quais exercem diferentes papéis na produção, processamento e comercialização dos produtos agrícolas (DUBBELING; MERTZTHAL, 2006).

Sendo assim, observa-se que a AUP (Figura 2) pode propiciar uma contribuição social bastante positiva, especialmente para os agricultores de baixa renda e grupos marginalizados (como idosos, jovens desempregados e migrantes), os quais através dessas atividades tornam-se socialmente e psicologicamente mais seguros, conforme Smit *et al.* (1996).

Figura 2. Multifuncionalidade da Agricultura Urbana e Periurbana



Fonte: Josimar Gurgel Fernandes (2022).

Outras questões relevantes a serem consideradas quando se aborda a potencialização dos benefícios da AUP dizem respeito às características do sistema de produção e dos agricultores, o seu grau de inserção no sistema de gestão do espaço urbano e às políticas públicas de fomento às atividades existentes. Estes aspectos influenciam no investimento que o agricultor fará tanto em termos financeiros, como na escolha dos cultivos e no esforço físico dispensado uma vez que o espaço a ser cultivado pode estar disponível para uso permanente como, por exemplo, áreas públicas não-edificantes, ou para uso em longo prazo, sejam estas

áreas públicas ou privadas, ou ainda para uso em curto prazo, como nas áreas de rápida expansão urbana, evidenciando a dinâmica da AUP (SMIT *et al.*, 1996).

No Brasil, o debate institucional da Agricultura Urbana e Periurbana surge com a discussão sobre a Segurança Alimentar e Nutricional, que ganha força no princípio dos anos 2000, quando é criada uma estrutura institucional nacional para enfrentar a questão. Assim, a AUP se torna uma estratégia de promoção da SAN. Nesse período, foi produzido o trabalho de Santandreu e Lovo (2007), o qual identifica iniciativas de AUP na Região Metropolitana do Recife e em mais dez Regiões Metropolitanas do Brasil, com o objetivo de subsidiar a criação de uma Política Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana (PNAUP). Após a realização desse trabalho, o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), “existente na época”, passa a financiar ações específicas de AUP em parceria com os estados e municípios. A partir daí, passa-se a discutir a integração da atividade aos marcos legais e institucionais municipais e ao planejamento urbano. Desse modo, a AUP deve ser pensada de forma mais autônoma.

Em Pernambuco, a AUP ainda não possui amparo legal e institucional, principalmente no âmbito local. Ademais, há fraca interlocução entre esferas federal, estadual e municipal. O planejamento da maioria das cidades ainda não abrange instrumentos e normas urbanísticas adequadas que assegurem o funcionamento da AUP. Persiste, pois, mesmo entre cidades que avançaram em marcos legais e institucionais, o empecilho da falta de diálogo entre as ações governamentais e as iniciativas populares. De um lado, iniciativas populares contam com limitado apoio técnico e financeiro, que poderia ser providenciado pelo governo; de outro, as iniciativas governamentais tendem a ocorrer sem real participação dos produtores.

Adicionalmente, embora ainda seja um desafio a promoção da SAN e sua intersectorialidade, inclusive nos processos de produção de conhecimento, vem sendo discutida como um direito humano a ser atendido a partir de referenciais éticos e envolvendo questões estruturais, como o enfrentamento às desigualdades sociais e econômicas em vários setores: política e econômica, emprego e renda, políticas de produção agroalimentar, comercialização, distribuição, acesso e consumo de alimentos, com perspectivas de descentralização e diferenciação regional para o desenvolvimento. Nesse contexto, o desenvolvimento da AUP surge como uma combinação dos aspectos sociais e econômicos nos centros urbanos, tão marcado por essas desigualdades, e como forma de associar atividade e território do ponto de vista

econômico e social, observando a capacidade de inserção nas economias locais e regionais, de como se dá a interação e integração das famílias, domicílios, indivíduos ou empresas nas redes econômicas e sociais locais.

Sendo assim, o desenvolvimento de estudo sobre oportunidades de articulação e aperfeiçoamento multidimensional inovador das políticas públicas de apoio socioassistencial, saúde, ambiental, educação (básica/profissional), habitação, saneamento, políticas para o trabalho, acesso a serviços públicos e promoção da qualidade de vida dos mais pobres são de extrema importância. Além das ações que valorizem a geração de emprego, renda e oportunidades de capacitação e soluções tecnológicas de inclusão social para valorização da economia comunitária que criem oportunidades de trabalho e redução da vulnerabilidade para os mais pobres. Assim como a aplicação das tecnologias digitais que permitam o acesso à educação e a informação digital, visando a qualificação profissional e a mitigação da pobreza.

Aspectos Socioeconômicos da Agricultura Urbana e Periurbana

De acordo com a Tabela 1, percebe-se que as características relacionadas à AUP melhoram os índices de bem-estar da população, permitindo o acesso à energia, saúde, educação, renda, transporte, saneamento e lazer.

Tabela 1. Características da Agricultura Urbana e Periurbana comparadas com a agricultura rural

Características	Agricultura urbana e periurbana	Agricultura rural
Tipo de exploração agrícola	Móvel, transitória e normalmente intensiva	Convencional, normalmente extensiva
Identidade do Agricultor	Principalmente agricultores em tempo parcial	Normalmente atuam em tempo integral
Perfil da comunidade	Variável	Grande parte trabalha com agricultura
Contexto político, social, econômico e cultural	Heterogêneo	Homogêneo
Uso da terra	Competição entre atividades agrícolas e não agrícolas	Geralmente estável para agricultura

Calendário de cultivo	Cultiva o ano todo	De acordo com a estação climática do ano
Segurança da disponibilidade da terra para cultivo	Relativamente baixa	Relativamente alta
Terrenos de produção	Domicílio próprio, cedidos ou baldios	Próprios (com extensão média a grande)
Custo da mão-de-obra	Relativamente alto	Relativamente baixo
Destino dos produtos	Regional e autoconsumo	Grandes mercados e exportação
Apoio político	Frequências políticas vagas ou inexistentes	Prioridade elevada na agenda política
Intervenção municipal	Alta	Nula ou baixa

Fonte: Adaptado de Campilan *et al.* (2002).

As modalidades de AUP pode ser explicada de forma resumida de acordo com os tipos de sistema de produção que foi publicado pela FAO (2018), onde descreve em Boletim Técnico as tipologias baseadas em categorias de produtos criados ou cultivados, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Sistema de produção da Agricultura Urbana e Periurbana

Sistemas	Produtos	Localização	Técnicas
Aquicultura	Peixes e frutos-do-mar	Corpos hídricos	Criação em gaiolas ou viveiros
Horticultura	Agrícolas, frutos, flores, medicinais	Áreas possíveis de cultivo	Hortas, cultivo protegido, hidroponia
Agrofloresta	Madeira, frutas, sementes	Cinturões verdes, áreas agricultáveis	Arborização, pomares
Criações	Leite, ovos, carne	Espaços periurbanos	Criação em confinamento ou semi-confinamento
Diversificadas	Plantas ornamentais, flores, plantas exóticas	Espaços urbanos e periurbanos	Cultivo protegido, plantas envasadas, canteiros

Fonte: Adaptado da FAO (2018).

A agricultura urbana e periurbana e o desenvolvimento territorial

A agricultura acontece em sítios urbanos desde o aparecimento das primeiras cidades. Com a evolução do sistema de produção e das relações comerciais, veio o capitalismo acompanhado da divisão do trabalho, especializações das funções e urbanização das cidades modificando o perfil da sociedade que era principalmente rural. Aliado ao rápido crescimento urbano surgem as metrópoles, que estabelecem em torno de si uma centralização econômica, atraindo pessoas, capitais e investimentos. Apesar de toda essa modernização, ainda é possível constatar a insistência dessas ruralidades nos espaços urbanos através da agricultura urbana e periurbana realizada em hortas, varandas, parques, margens de rodovias e etc, com função fundamental de qualidade de vida e autoconsumo da população urbana mais vulnerável.

Agricultura e urbano são conceitos que em sua essência são contrários, porém complementares. Um não existe sem o outro. A agricultura urbana e periurbana se caracterizam pelo cultivo de plantas e/ou criação de animais dentro das cidades ou no seu entorno interagindo diretamente com o sistema urbano econômico e ecológico (MOUGEOT, 2000). Madaleno (2001) indica que a agricultura urbana não é um fenômeno recente nas cidades, de tal forma que as primeiras iniciativas com caráter social se originaram na Europa durante o século XVIII, em resposta ao desemprego causado pela migração da população rural para as áreas urbanas que precisava satisfazer a necessidade humana básica de se alimentar para sobreviver (MATOS, 2010). A AUP vem sendo estimulada desde a década de 1980 na América Latina, África e Ásia como estratégia de sobrevivência e redução da pobreza (MAXWELL, 1995; BRYLD, 2003).

No Brasil, os centros urbanos também não possuem capacidade de prover emprego e moradia, além dos serviços de infraestrutura básica (saúde, educação, segurança e saneamento básico) necessários para a grande maioria da população que migra do campo para a cidade. Em função disso essa parcela da população procura estratégias para resistir as dificuldades e vencer a fome através do cultivo agrícola ou de alguma prática trazida consigo do campo (LOCATEL; AZEREDO, 2010). Em meados da década de 1990 a noção de agricultura urbana chega ao Brasil voltada para a implantação de hortas comunitárias, visando a segurança alimentar e nutricional dos produtores, mas no cenário atual as hortas urbanas não estão voltadas apenas para a subsistência, mas também para a geração de trabalho e renda dos grupos socialmente vulneráveis. Há ainda produtores urbanos que focam na produção

para comercialização, constituindo redes de comercialização de circuito curto agregando mais valor ao seu produto (FROEHLICH; CONCATO, 2016).

De acordo com Machado e Machado (2002), as cidades precisam de amplas extensões de terra para seu sustento necessitando importar grandes quantidades de alimento de outras regiões produtoras, desta maneira forma-se o problema de dependência externa, aliado ao fato de que uma grande parcela populacional não tem condições de pagar por esse alimento. Diante desta problemática encontramos na AUP uma vantagem, pois ela oferece grande diversidade, existindo desde a produção destinada ao autoconsumo familiar (subsistência) até os plantios fundamentalmente comerciais, que costumam ter mais capital investido e com maior entrada nos mercados (HESPANHOL *et al.*, 2019), estando próximas as regiões centrais das zonas urbanas, reduzindo assim a necessidade de importar alimentos de outros lugares.

Uma das vantagens que se pode assinalar sobre a produção de alimentos da AUP em relação a produzida e importada de regiões mais longínquas é a situação da perda ocorrida durante o processo de transporte. Produtos *in natura*, além de perder o frescor, sofrem danos e acabam se estragando nas embalagens antes mesmo de chegarem ao seu local de venda. Nesse processo se perdem toneladas de alimentos, o que poderia ser evitado, para Monteiro (2002), no tocante a distribuição de alimentos, pois a agricultura urbana é apoiada por inúmeras comunidades e desenvolve um sistema inovador de ligação entre o produtor urbano e o consumidor. São criadas opções de mercado, desenvolvendo-se uma produção artesanal vinculada à demanda da comunidade e consumidores. O contato direto entre produtores e consumidores gera uma relação de confiança e fidelidade, estabelecendo um circuito mais curto de produção e comercialização (MELO, 2016).

Os produtos da AUP ainda podem oferecer o benefício de ser produzido com pouco ou sem nenhum uso de agrotóxico (OLIVEIRA NETO, 2017), pois estando em área urbana torna-se perigoso à saúde dos cidadãos o uso dessas substâncias. A cidade produz muitos resíduos orgânicos, o que pode reduzir o custo na compra de adubos. Desta forma a sustentabilidade da agricultura urbana apoia-se no manejo agroecológico incluindo o uso de substratos e manejo orgânico do solo, técnicas de rotação e associações de cultivos e manejo fitossanitário alternativo ao convencionalmente utilizado (COMPANIONI *et al.*, 2001)

Mais uma facilidade da produção da AUP encontra-se no quesito preço. Por ter uma relação de proximidade com o consumidor, devendo estar próxima à cidade no limite máximo de 90 km, dependendo do desenvolvimento da infraestrutura de estradas reduz parte dos custos com transporte, atravessadores, perdas em função das longas distancias percorridas, além de, muitas vezes, fazer pouco uso de insumos agrícolas, o valor do produto final é competitivo no mercado local (MACHADO; MACHADO, 2002). Ao passo que a AUP possui a vantagem de estar perto centro urbano, ela possui a desvantagem de estar em uma área com vias de acesso ruins, mal cuidadas, dificultando muitas vezes o escoamento da produção.

É verdade que a agricultura urbana e periurbana encontra vantagens, mas ela também se depara com desvantagens. Entre elas podemos destacar o pouco ou nenhum conhecimento técnico relacionado a atividade em questão, utilizando apenas o conhecimento empírico passado de uma geração a outra. E ainda há a questão da sucessão. Com a relação e proximidade da zona rural - urbana e industrial agrícola, inicia-se uma nova fase no espaço rural marcada por dificuldades em garantir a sucessão familiar (KISCHENER; KIYOTA; PERONDI, 2015) visto que muitos saem para trabalhar na cidade combinando o trabalho rural com o não rural ou abandonando de vez a vida rural quebrando o ciclo de sucessão.

Outro ponto importante é a constante pressão imobiliária sofrida para a ocupação das áreas onde se desenvolve a AUP, visto que muitas atividades acontecem em áreas abandonadas ou subutilizadas na zona urbana. Observa-se que a maioria dos estabelecimentos estão nos espaços periféricos nas margens da mancha urbana, se distribuem por estes espaços por estes espaços de forma descontínua demonstrando uma competição pelo espaço urbano onde a agricultura poderá se intensificar apenas nos pequenos espaços disponíveis para o cultivo (MONTEIRO, 2002).

Apesar das dificuldades e desvantagens, a AUP ainda se configura como uma boa ferramenta a mitigação da fome, tornando-se instrumento para SAN, disponibilizando alimentos frescos, variados e viabilizando a economia nos gastos com alimentação.

Agricultura urbana e periurbana na agenda global do desenvolvimento sustentável

O futuro do planeta é urbano. Isto será evidente nas cidades e espaços urbanos do Hemisfério Sul Global, que irão representar mais da metade da população mundial até 2050 (UNDESA, 2018). Embora os espaços urbanos retratem menos de 3 % da superfície da Terra, mais de 70 % das emissões mundiais de carbono ligadas à energia provêm de áreas urbanas (MITCHELL *et al.*, 2018), e contribuem com cerca de 75 % do PIB global (ELMQVIST *et al.*, 2019). Nesse sentido, torna-se essencial o papel das áreas urbanas como importantes pontos focais para sustentabilidade global.

Pelo fato dos espaços urbanos apresentarem maior infraestrutura, bem como maior concentração de pessoas, a exposição a riscos naturais muitas vezes resulta em um maior número de fatalidades e perdas socioeconômicas quando comparado com paisagens rurais (PAULAIS, 2012). Embora todos os sistemas urbanos sejam vulneráveis aos impactos de desastres naturais e processos de mudança global, moradores urbanos, especialmente os do Hemisfério Sul, estão mais expostos devido a uma série de fatores que exacerbam seu risco (DAVOREN; SHACKLETON, 2021). No continente africano, por exemplo, estes fatores incluem pobreza, altas taxas de crescimento populacional, informalidade e padrões persistentes de transumância que conectam paisagens urbanas e rurais, juntamente com uma forte dependência de recursos naturais e degradação ambiental (SHACKLETON *et al.*, 2021).

Em um estudo realizado por Azunre *et al.* (2019) trouxe à tona uma discussão relevante sobre a AUP. Por um lado, estas atividades contribuem para geração da força de trabalho na maioria dos países subdesenvolvidos e emergentes do Hemisfério Sul do planeta. No entanto, por outro lado, quando nos referimos ao emprego da AUP nos países desenvolvidos do Hemisfério Norte a maior motivação para que moradores urbanos e as autoridades das cidades promovam este tipo de agricultura são sobre contribuições ecológicas e de lazer. Então, por não haver necessidade de concentrar uma função majoritariamente econômica na AUP, estes países atribuem estas atividades para questões ambientais e sustentabilidade urbana.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), acerca da nova agenda urbana e outros instrumentos globais destacaram a necessidade de encontrar e construir coalizões para alcançar seu princípio fundamental de “não deixar ninguém para trás” (SIMON *et al.*, 2021). As áreas urbanas do Sul Global enfrentam muitas incertezas em relação às futuras trajetórias de mudança, que representam desafios para o planejamento urbano atual e futuro (por exemplo, aumento do nível do mar, estabilidade política e disponibilidade de recursos). Embora muitas cidades tenham

persistido ao longo dos séculos, o ritmo e a escala do Antropoceno apresentam muitos novos desafios acoplados para os espaços urbanos. Isso exige uma mudança de foco para entender, planejar e construir cidades e espaços urbanos “resilientes” para lidar com mudanças constantes (SHACKLETON *et al.*, 2021).

Estudos anteriores relataram as múltiplas vantagens socioeconômicas e ambientais da AUP, incluindo contribuições para a segurança alimentar e nutricional, melhoria dos meios de subsistência, prestação de serviços ecossistêmicos, conservação de recursos, redução da poluição e embelezamento urbano (ZHONG *et al.*, 2020; EVANS *et al.*, 2022). Recentemente, questões globais, como as mudanças climáticas, afetaram consideravelmente a segurança alimentar e a sustentabilidade do sistema alimentar (FLÖRKE; SCHNEIDER; MCDONALD, 2018; YAN *et al.*, 2022).

A AUP tem se mostrado uma estratégia eficaz para amenizar as mudanças climáticas, uma vez que, é capaz de reduzir as emissões de gases de efeito estufa ao encurtar a cadeia de abastecimento de alimentos e diminuir as perdas de quantidade e qualidade de alimentos causadas pelo transporte de longa distância (AUBRY; KEBIR, 2013; YAN *et al.*, 2022).

Em adição, uma recente pesquisa realizada por Marçal *et al.* (2021) ressalta a importância da AUP no controle do uso do solo, permitindo novas formas de uso na malha urbana, e pode ser uma ferramenta contra a especulação imobiliária, uma vez que se desenvolve nos vazios urbanos. Sua prática permite aumentar a permeabilidade do solo criando microclimas amenos ao diminuir a temperatura do ambiente. Outro aspecto importante a ser considerado com relação ao papel da AUP no desenvolvimento da sustentabilidade ambiental é o seu uso no sequestro de carbono. Portanto, a AUP é uma ferramenta que pode encorajar o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e resilientes, estabelecendo funções ambientais, como o aumento das áreas de infiltração, conservação da água e do solo, melhoria dos microclimas locais, melhoria da paisagem urbana, educação ambiental, recuperação de áreas degradadas, redução de CO₂ na distribuição de alimentos, entre outros (MARÇAL *et al.*, 2021; KARMANOVA *et al.*, 2022).

A Agenda Global do Desenvolvimento Sustentável está relacionada aos esforços foram desprendidos pela ONU no passado com a Agenda 21. O plano global foi direcionado para as áreas em que as atividades humanas impactavam o meio ambiente, com ações dirigidas para os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

(ODM). Com a necessidade de complementar e reorientar as ações não realizadas foi criada a Agenda 2030, que estabelece um plano de ações em escala global.

O Plano Global do Desenvolvimento Sustentável trata-se de um documento que estabelece 7 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, os ODS, e 169 metas, visando erradicar a pobreza e promover vida digna para todos, dentro dos limites do planeta. Essas perspectivas de realizações no domínio da Organização das Nações Unidas (ONU), visam a supressão da pobreza e o incentivo ao desenvolvimento econômico, social e ambiental, estando, portanto, inseridas na Agricultura Urbana e Periurbana (AUP) e na Agenda Global do Desenvolvimento Sustentável.

Desta forma, este documento orienta as ações de governos e demais atores sociais a lidar com os desafios enfrentados no mundo, como as desigualdades sociais e a busca de garantias para o estabelecimento da paz. Assim, os compromissos assumidos na Agenda 2030 geram perspectivas mais concretas, além de definir prazos para atingir as metas, norteadoras e perspectivas definidas pela ONU para atingirmos a dignidade, a qualidade de vida para todos os seres humanos do planeta, sem comprometer o meio ambiente, e, conseqüentemente, para as gerações futuras.

O impacto da COVID-19 na agricultura urbana e periurbana

A recente pandemia da doença causada pelo coronavírus 2019 (COVID-19) mostrou a extrema fragilidade das grandes cidades perante aos riscos globais complexos e inesperados (PULIGHE; LUPIA, 2020). O bloqueio das cidades e o fechamento de comércios resultou numa maior conscientização sobre a importância vital dos bens e serviços ecossistêmicos essenciais dos quais os habitantes urbanos se beneficiam. Tendo isso em vista, ratifica-se que a disponibilidade de alimentos é uma das necessidades primordiais, e que deve ser debatida por pesquisadores e gestores públicos de modo que o sistema alimentar urbano saiba lidar com incertezas relacionadas à saúde pública (YOSHIDA; YAGI, 2021). Além disso, a produção e entrega de commodities básicas fazem parte de uma cadeia que interliga agricultores, indústrias, logística e consumidores finais em um mercado globalizado (PULIGHE; LUPIA, 2020).

Em um estudo proposto por Biazoti *et al.* (2021), constatou que agricultores da cidade de São Paulo foram impactados de diferentes formas pela pandemia. Pode-se citar: queda nas vendas, falta de estrutura e insumos, necessidades básicas, queda na produção, falta de transporte para comercialização e falta de mão de obra. As feiras

ao ar livre obtiveram queda no número de consumidores com conseqüente impacto na renda dos agricultores. Além disso, com o comércio estagnado e o centro de distribuição municipal com restrições de funcionamento, houve queda nas vendas. De acordo com De Pinho *et al.* (2020), até junho de 2020, 39 % dos agricultores entrevistados no estado de São Paulo declararam diminuição de menos de 50 % em sua renda, e 20 % declararam uma perda de renda superior a 50 %.

Embora as linhas de fornecimento de produtos básicos pareçam continuar a funcionar efetivamente sem grandes preocupações, as intervenções de distanciamento social envolvem novos métodos de processamento, limitações para os trabalhadores rurais, atraso na colheita e tempos dilatados nas embalagens, dificultando a produção e o transporte de alimentos frescos internacionalmente. O resultado tem sido que com o bloqueio de fronteiras e restrições locomotivas, houve um aumento na perda de alimentos e dos custos de exportação, especialmente para hortaliças e produtos perecíveis (SRIDHAR *et al.*, 2022; ALTIERI; NICHOLLS, 2020). Diante disso, a pandemia provavelmente levará governos e autoridades municipais a considerar redundâncias e diversidade do sistema alimentar global mais a sério (PULIGHE; LUPIA, 2020).

Além das questões globais, nas grandes cidades, o planejamento urbano e os sistemas alimentares devem ser repensados diante do novo arranjo territorial, fomentando a retomada da produção de alimentos com agricultura urbana e periurbana. Ao mesmo tempo, é necessário compreender melhor as relações entre agricultura e fluxos materiais e energéticos das cidades, o chamado “metabolismo urbano”, para avaliar os reais impactos sobre o meio ambiente a partir das diversas atividades urbanas de produção de alimentos (GOLDSTEIN *et al.*, 2016). A questão principal que surgiu na pandemia é que se pode ser possível aumentar efetivamente a agricultura urbana para encurtar as cadeias de abastecimento de alimentos para aumentar a acessibilidade e a resiliência da produção urbana (LANGEMEYER *et al.*, 2021; PULIGHE; LUPIA, 2020).

Portanto, diante dos períodos de crises, como o vivenciado recentemente na pandemia COVID-19, torna-se importante repensar o ordenamento territorial e os impactos que ele traz no contexto da doença, apontando para a necessidade de realizar ações conjuntas e intersetoriais que atendam às necessidades básicas de população, principalmente as vulneráveis (SPERANDIO *et al.*, 2022; PULIGHE; LUPIA, 2020). Como alternativa, a agricultura urbana tem sido indicada como

estratégia de potencial para fortalecer o tecido urbano, em instrumentos que consideram o uso temporário ou permanente de vazios urbanos para este uso (DELGADO, 2020).

Ações estratégicas de segurança alimentar e nutricional

Conforme CONSEA (2006) a SAN consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras da saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis. Segundo o artigo 4 da lei 11346 de 15/07/2006, a segurança alimentar e nutricional abrange: I – ampliação das condições de acesso aos alimentos por meio da produção, em especial da agricultura tradicional e familiar, do processamento, da industrialização, da comercialização, incluindo-se os acordos internacionais, do abastecimento e da distribuição dos alimentos, incluindo a água, bem como da geração de emprego e da redistribuição de renda; II – conservação da biodiversidade e utilização sustentável dos recursos; III – a promoção da saúde, da nutrição e da alimentação da população, incluindo-se grupos populacionais específicos e populações em situação de vulnerabilidade social; IV – a garantia da qualidade biológica, sanitária, nutricional e tecnológica dos alimentos, bem como seu aproveitamento, estimulando práticas alimentares e estilos de vida saudáveis que respeitem a diversidade étnica e racial e cultural da população; V – a produção de conhecimento e o acesso à informação; e VI – a implementação de políticas públicas e estratégias sustentáveis e participativas de produção, comercialização e consumo de alimentos, respeitando-se as múltiplas características culturais do País.

Uma Política de Segurança Alimentar e Nutricional é um conjunto de ações planejadas para garantir a oferta e o acesso aos alimentos para toda a população, promovendo a nutrição e a saúde. Deve ser sustentável, ou seja, desenvolver-se articulando condições que permitam sua manutenção a longo prazo. Requer o envolvimento tanto da sociedade civil organizada, em seus diferentes setores ou áreas de ação – saúde, educação, trabalho, agricultura, desenvolvimento, social, meio ambiente, dentre outros – e em diferentes esferas – produção, comercialização, controle de qualidade, acesso e consumo. Uma Política de Segurança Alimentar e Nutricional avança em relação às ações e programas desenvolvidos por esses

diferentes segmentos ao promover os seguintes princípios: Intersetorialidade; Ações conjuntas entre Estados e sociedade; Equidade, superando as desigualdades econômicas, sociais, de gênero e étnicas; Articulação entre orçamento e gestão; Abrangência e articulação entre ações estruturantes e medidas emergenciais. A Lei n. 11.346, de 15 de setembro de 2006 cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN) com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências.

De acordo com CAISAN (2009) as diretrizes, ações e programas de segurança alimentar e nutricional são:

- **Diretriz 1.** Promover o acesso universal a uma alimentação saudável e adequada. Ações e programas: transferência de renda; alimentação escolar; alimentação do trabalhador; rede de equipamentos públicos de alimentação e nutrição; distribuição de cestas de alimentos.
- **Diretriz 2.** Estruturar sistemas justos, de base agroecológica e sustentáveis de produção, extração, processamento e distribuição de alimentos. Ações e programas: produção sustentável; agricultura urbana e periurbana; reforma agrária; abastecimento; pesca e aquicultura; economia solidária.
- **Diretriz 3.** Instituir processos permanentes de educação e capacitação em segurança alimentar e nutricional e direito humano à alimentação adequada. Ações e programas: ações de educação alimentar e nutricional nos sistemas públicos; valorização da cultura alimentar brasileira; formação em direito humano à alimentação e mobilização social para a conquista da SAN; formação de produtores e manipuladores de alimentos.
- **Diretriz 4.** Ampliar e coordenar as ações de segurança alimentar e nutricional voltadas para povos indígenas e comunidades tradicionais. Ações e programas: acesso aos territórios tradicionais e recursos naturais; inclusão produtiva e fomento à produção sustentável; alimentação e nutrição indígena; distribuição de alimentos a grupos populacionais específicos; atendimento diferenciado em programas e ações de SAN.
- **Diretriz 5.** Fortalecer as ações de alimentação e nutrição em todos os níveis da atenção à saúde, de modo articulado às demais políticas de SAN. Ações e programas: ações de vigilância sanitária para a qualidade dos alimentos; nutrição na atenção básica; vigilância alimentar e nutricional; saúde no

programa Bolsa Família; promoção da alimentação saudável; prevenção e controle de carências nutricionais; estruturação e implementação das ações de alimentação e nutrição nos estados e municípios.

- **Diretriz 6.** Promover a soberania e segurança alimentar e nutricional em âmbito internacional. Ações e programas: negociações internacionais; cooperação Sul-Sul na área de SAN e de desenvolvimento agrícola; assistência humanitária internacional.
- **Diretriz 7.** Promover o acesso à água para consumo humano e produção de alimentos. Ações e programas: estruturação do sistema nacional de gestão dos recursos hídricos; gestão e revitalização de bacias hidrográficas; disponibilidade e acesso à água para alimentação e produção de alimentos; saneamento e qualidade da água.

Quanto ao monitoramento das ações e programas, cabe ressaltar a metodologia desenvolvida pelo CONSEA que resultou na construção de um “orçamento de segurança alimentar e nutricional” o qual, mesmo sem ser uma peça do orçamento federal, tem cumprido importante papel de controle social e na apresentação de demandas de recursos pelo Conselho, a inclusão ou aperfeiçoamento do componente alimentar e nutricional em levantamentos nacionais realizados pelo IBGE (PNAD, POF e PNDS), com destaque para a instituição da Escala Brasileira de Insegurança Alimentar, o fortalecimento do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (SISVAN) do Ministério da Saúde, além da promoção de estudos e pesquisas. O orçamento de SAN elaborado pelo CONSEA ajuda, principalmente, na identificação das insuficiências de recursos, mas também aponta problemas de coordenação entre os programas. Contudo, sua eficácia é condicionada pelos limites da capacidade de pressão do Conselho e das organizações e movimentos nele representados.

Considerações finais

É importante reconhecer que a AUP não é apenas sobre alimentos; é, primeiro e acima de tudo, sobre pessoas e suas relações com seus alimentos e seu ambiente. A AUP desempenha um papel na geopolítica dos alimentos, e também, na perspectiva de alternativas e formas de urbanização que reconciliam atividades de produção e reprodução, e quebra com a dicotomia urbano-rural.

A AUP são atividades que podem contribuir positivamente para a adaptação de cidades às mudanças climáticas, devido ao monitoramento de áreas permeáveis, controle do uso do solo, diminuição da temperatura devido ao sequestro de carbono, equilíbrio do ciclo hidrológico e contribuição para uma amena microclimática local. A AUP não significa necessariamente um modelo econômico de recursos e um sistema alimentar ecologicamente corretos. Para alcançar o desenvolvimento sustentável, é fundamental uma transição baseada na inovação tecnológica. Como, por exemplo, melhorar o desenvolvimento sustentável do sistema alimentar, considerando a resiliência, sustentabilidade e versatilidade da agricultura urbana.

Referências

ALMEIDA, D. Agricultura Urbana e Segurança Alimentar em Belo Horizonte: cultivando uma cidade sustentável. **Agriculturas – Experiências em Agroecologia**. Rio de Janeiro, v. 1, n. 0, p. 25-28, 2004.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Agroecology and the reconstruction of a post-COVID-19 agriculture. **The Journal of Peasant Studies**, v. 47, n. 5, p. 881-898, 2020.

AQUINO, A. M de; ASSIS, R. L de. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. **Ambiente & Sociedade**. Campinas v. X, n. 1. p. 137-150, jan - jun. 2007.

ARMAR-KLEMESU, M. Urban agriculture and food security, nutrition and health. In: BAKKER, N.; DUBBELING, M.; GÜNDEL, S.; SABELKOSCHELLA, U.; ZEEUW, H. (Eds.). **Growing cities, growing food: urban agriculture on the policy agenda**. Eurasburg: DSE. p. 99 -117, 2001.

AUBRY, C.; KEBIR, L. Shortening food supply chains: A means for maintaining agriculture close to urban areas? The case of the French metropolitan area of Paris. **Food policy**, v. 41, p. 85-93, 2013.

AZUNRE, G. A. *et al.* A review of the role of urban agriculture in the sustainable city discourse. **Cities**, v. 93, p. 104-119, 2019.

BELIK, W. Perspectivas para segurança alimentar e nutricional no Brasil. **Saúde e Sociedade** v.12, n.1, p.12-20, jan-jun, 2003.

BIAZOTI, A. R. et al. The Impact of COVID-19 on Urban Agriculture in São Paulo,

Brazil. **Sustainability**, v. 13, n. 11, p. 6185, 2021.

BRYLD, E. Potentials, problems, and policy implications for urban agriculture in developing countries. **Agricultural and Human Values**, v. 20, p.79-86, 2003.

CAISAN. Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. **Subsídios para Balanço das Ações Governamentais de Segurança Alimentar e Nutricional e da Implantação do Sistema Nacional**. Brasília (DF), 2009.

CAMPILAN, D.; DRECHSEL, P.; JÖCKER, D. Monitoreo Y evaluación de impacto. **Revista Agricultura Urbana**, La Habana, n. 5, p.27-29, 2002.

COMPANIONI, N. *et al.* La agricultura urbana em Cuba. In: FUNES, F.; GARCÍA, L.; BOURQUE, M.; PÉREZ, N.; ROSSET, P. (Ed.) **Transformando el campo cubano**. La Habana: ACTAF, p. 93-110. 2001.

CONSEA. Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. **Lei de Segurança Alimentar e Nutricional: conceitos**. Lei n. 11.346, de 15 de setembro de 2006.

CRUZ, S.R. Uma análise sobre o cenário da fome no Brasil em tempos de pandemia do COVID-19. **Pensata**.v.9, n. 2, p.1-15, 2020.

DAVOREN, E.; SHACKLETON, C. M. Urban ecosystem disservices in the Global South. In: **Urban ecology in the Global South**. Springer, Cham, p. 265-292. 2021.

DE PINHO, A. M. *et al.* Sondagem Sobre os Impactos da Pandemia da COVID-19 nos Agricultores Familiares do Estado de São Paulo. 2020. Disponível em: <https://www.cdrs.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/documentos-tecnicos>. Acessado em 11 de março de 2022.

DELGADO, C. A crise como oportunidade para repensar o Ordenamento Territorial. **Revista Jatobá**, Goiânia, v. 2, 2020.

DOMBEK, L.A. **Autoconsumo e segurança alimentar em assentamentos rurais do Pontal do Paranapanema. Campinas**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP. 2006.

DUBBELING, M; MERTZTHAL, G. Sustaining urban agriculture requires the involvement of multiple stakeholders. In: R. Van VEENHUIZEN (Ed.) **Cities farming**

for the future: urban agriculture for green and productive cities. Leusden: ETC Urban Agriculture. 2006.

ELMQVIST, T. *et al.* Sustainability and resilience for transformation in the urban century. **Nature sustainability**, v. 2, n. 4, p. 267-273, 2019.

EVANS, D. L. *et al.* Ecosystem service delivery by urban agriculture and green infrastructure—a systematic review. **Ecosystem Services**, v. 54, p. 101405, 2022.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional em América Latina y el Caribe: una nueva agenda de políticas públicas para superar la crisis alimentaria**. Oficina Regional para America Latina y el Caribe: FAO, 2009.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Agricultura urbana e periurbana**. Diversos documentos e Relatórios. Disponível em <http://www.fao.org/unfao/bodies/COAG/COAG15/X0076S.htm>. 2018.

FLÖRKE, M.; SCHNEIDER, C.; MCDONALD, R. I. Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 51-58, 2018.

FROEHLICH, J. M.; CONCATO, A. As múltiplas dimensões da agricultura urbana. **Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 42, n. 3. 2016.

GOLDSTEIN, B. *et al.* Urban versus conventional agriculture, taxonomy of resource profiles: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 36, n. 1, p. 1-19, 2016.

HESPANHOL *et al.* A diversidade da agricultura urbana e periurbana em Presidente Prudente – SP. Campos Neutrais – **Revista Latino-Americana de Relações Internacionais**, v. 1, n. 2, p. 73-90. 2019.

KARMANOVA, T. N. *et al.* Urban Ecology: Retrospective and Research Prospects. **Biology Bulletin Reviews**, v. 12, n. 1, p. 94-105, 2022.

KISCHENER, M. A.; KIYOTA, N.; PERONDI, M. A. Sucessão geracional na agricultura familiar: lições apreendidas em duas comunidades rurais. **Mundo Agrario**, v. 16, n. 33, 2015.

LANGEMEYER, J. et al. Urban agriculture—A necessary pathway towards urban resilience and global sustainability? **Landscape and Urban Planning**, v. 210, p. 104055, 2021.

LOCATEL, C., AZEVEDO F. F. de. Gestão do território e a prática da agricultura urbana na cidade de Natal (RN - Brasil). **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, v. 14, n. 331, p. 55, 2010.

MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. de T. **Agricultura urbana**. Planaltina: Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 25 p. 2002

MADALENO, I M. **Políticas de apoio à agricultura urbana em Lisboa e Presidente Prudente**. Lisboa: Instituto Tropical; Portugal; 2001

MARÇAL, D. et al. Urban and peri-urban agriculture in Goiânia: The search for solutions to adapt cities in the context of global climate change. **Urban Climate**, v. 35, p. 100732, 2021.

MATOS, R. S. A reinvenção da multifuncionalidade da paisagem em espaço urbano - reflexões. **Tese** (Doutorado). Instituto de Investigação e Formação Avançada da Universidade de Évora. 2010

MAXWELL D. G. Alternative food security strategy: a household analysis of urban agriculture in Kampala. **Food Policy** v. 23, p. 411-424. 1995.

MELO, L. P. **Os Benefícios da Agricultura Urbana e Periurbana para a Sustentabilidade da Cidade de Macapá-AP**. 2016

MITCHELL, L. E. *et al.* Long-term urban carbon dioxide observations reveal spatial and temporal dynamics related to urban characteristics and growth. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 12, p. 2912-2917, 2018.

MONTEIRO, A. V. V. M. AGRICULTURA URBANA E PERI-URBANA: questões e perspectivas. In: **Informações Econômicas**, v. 32, n. 6, p. 39-44, 2002.

MOUGEOT, L. J. A. Agricultura Urbana - conceito e definição. *Revista de Agricultura Urbana*, 1, Resource Centre on Urban Agriculture and Forestry - **RUAF**, 2000.

MOUGEOT, L. J. A. Agricultura urbana: concepto y definición. **Revista Agricultura Urbana**, v.1, n.1, p.5-7. 2001.

OLIVEIRA NETO, P. Agricultura urbana para redução de insegurança alimentar: um estudo de caso na cidade de Maringá. **Dissertação** (Mestrado em Agronegócio e Desenvolvimento) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Tupã. Paraná. 86p. 2017.

PAULAIS, T. **Urban risk assessments: An approach for understanding disaster and climate risk in cities**. World Bank Publications, 2012.

PULIGHE, G.; LUPIA, F. Food first: COVID-19 outbreak and cities lockdown a booster for a wider vision on urban agriculture. **Sustainability**, v. 12, n. 12, p. 5012, 2020.

SANTANDREU, A.; LOVO, I. C. **Panorama da agricultura urbana e periurbana no Brasil e diretrizes políticas para sua promoção**: identificação e caracterização de iniciativas de AUP em regiões metropolitanas brasileiras. Documento Referencial Geral – Versão final. Belo Horizonte, 2007.

SHACKLETON, C. M. *et al.* The need for an urban ecology of the Global South. In: **Urban ecology in the Global South**. Springer, Cham, p. 1-26. 2021.

SIMON, D. *et al.* Urban Governance of and for Urban Green and Blue Infrastructure. In: **Urban Ecology in the Global South**. Springer, Cham, p. 403-431. 2021.

SMIT, J. *et al.* **Urban agriculture: food, jobs and sustainable cities**. New York: UNDP, 302 p. 1996.

SPERANDIO, A. M. G. *et al.* Cidades pequenas e agricultura urbana no contexto da pandemia COVID-19. **PIXO-Revista de Arquitetura, Cidade e Contemporaneidade**, v. 6, n. 20, 2022.

SRIDHAR, A. *et al.* Global impact of COVID-19 on agriculture: role of sustainable agriculture and digital farming. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-17, 2022.

UDESА, United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population division. World Urbanizations Prospects: Press release, 2018.

YAN, D. *et al.* Global Trends in Urban Agriculture Research: A Pathway toward Urban Resilience and Sustainability. **Land**, v. 11, n. 1, p. 117, 2022.

YOSHIDA, S.; YAGI, H. Long-term development of urban agriculture: resilience and sustainability of farmers facing the Covid-19 pandemic in Japan. **Sustainability**, v. 13, n. 8, p. 4316, 2021.

ZHONG, C. *et al.* The impact of urbanization on urban agriculture: Evidence from China. **Journal of Cleaner Production**, v. 276, p. 122686, 2020.